dengan pengantar
Ir. SUYONO SOSRODARSONO

PERHITUNGAN BIAYA PELAKSANAAN PEKERJAAN DENGAN MENGGUNAKAN ALAT - ALAT BERAT

Disusun Oleh: IR. ROCHMANHADI

DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR

Dalam pelaksanaan pembangunan di bidang Pekerjaan Umum, banyak dipergunakan alat-alat berat (besar).
Agar tugas pembangunan dapat dikerjakan secara baik dan berdayaguna, maka masalah perencanaan dan perhitungan pelaksanaan pekerjaan dengan menggunakan alat-akat berat (besar) perlu dilakukan secara cermat.

Sdr. Ir. Rochmanhadi, Kepala Bidang Peralatan dan Perbekalan pada Kantor Wilayah Departemen Pekerjaan Umum Propinsi Jawa Tengah, telah berusaha menyusun buku ini sebagai karya tulis yang kiranya dapat membantu pembaca dalam memberikan kemudahan untuk membuat rencana dan perhitungan biaya pelaksanaan pembangunan yang menggunakan alat-alat berat.
Buku ini sangat bermanfaat, baik bagi mereka yang sedang bertugas di Proyek-proyek, maupun bagi para mahasiswa yang ingin memperdalam dalam pengetahuan penggunaan alat-alat berat untuk pekerjaan pelaksanaan.

Kepada penyusun buku ini kami mengucapkan selamat dan penghargaan yang setinggi-tingginya atas karya tulis yang akan sangat berguna bagi pelaksanaan pembangunan di tanah air kita ini.

Jakarta, 15 Pebruari 1985.

MENTERI PEKERJAAN UMUM,

Dr. Ir. SUYONO SOSRODARSONO

1. PENDAHULUAN

Di dalam buku ini penulis berusaha untuk menyusun sistematika/urutan pemikiran maupun urutan cara pelaksanaan pembuatan perhitungan-biaya-pelaksanaan pekerjaan dengan menggunakan alat-alat berat.

Di dalam menyusun buku ini kami berusaha untuk dapatnya sistematika/urutan pembuatan perhitungan termaksud dapat secara mudah dilaksanakan oleh para estimator/pembuat-pembuat perhitungan biaya pada proyek-proyek, pada perusahaan-perusahaan kontraktor maupun oleh para mahasiswa.

Penyusun menghimpun buku ini dari pustaka yang ada pada daftar pustaka terlampir, maupun dari pengalaman-pengalaman selama mengelola alat-alat pada pelaksanaan pekerjaan di Departemen Pekerjaan Umum.

Melalui kata pendahuluan ini penyusun mengakui masih banyaknya kekurangan-kekurangan di dalam penyusunan buku pedoman ini dan mohon kritik dan saran kepada pembaca sekalian demi lebih baiknya isi buku ini.

Demikian sekedar kata pengantar dari penyusun, semoga buku kecil ini dapat berguna bagi siapa saja yang memerlukannya.

Semarang, 1 Oktober 1984

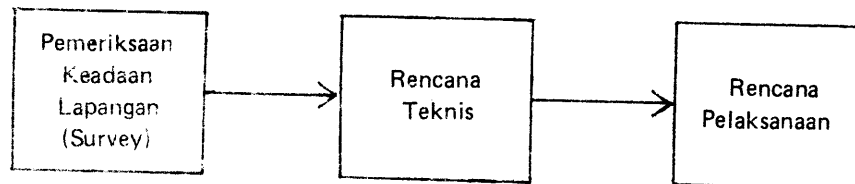
Penyusun.

2. PEMERIKSAAN KEADAAN LAPANGAN

Kita dapat menyebut bahwa peralatan itu berdaya-guna dan berhasil-guna tinggi kalau peralatan termaksud menghasilkan "produksi" yang tinggi, tetapi menggunakan biaya yang rendah.

Perencanaan yang teliti untuk penggunaan peralatan dari hasil survey lapangan yang cermat dan penggunaan peralatan yang baik akan menghasilkan daya-guna dan hasil-guna yang tinggi.

Perencanaan merupakan hal yang sangat penting dari pelaksanaan untuk mencapai produk yang diinginkan. Perencanaan yang kurang baik akan mengakibatkan bermacam-macam persoalan dan masalah-masalah yang menjurus pada kerugian atau penggunaan dana yang kurang bermanfaat dan kesulitan-kesulitan lainnya.

Untuk mencapai daya guna dan hasil guna yang maksimal dari pemeriksaan keadaan lapangan (survey) kita susun urutan kegiatan selanjutnya.

Sebenarnya Perkiraan Biaya Pelaksanaan (Engineer's Estimate) dibuat pada waktu kita membuat Rencana Teknis, pada waktu kita membuat perbandingan beberapa alternatif yang terdapat pada Rencana Pelaksanaan. Alternatif yang paling menguntungkan dan paling baik dipandang dari segala segi yang diambil untuk pelaksanaan pekerjaan.
Hasil pemeriksaan keadaan lapangan (survey) yang teliti dan cermat serta keadaan lapangan kerja sangat perlu untuk penyiapan rencana teknis dan rencana pelaksanaan. Survey harus dilakukan secara visual maupun secara pengukuran. Apakah yang perlu dilakukan dalam pemeriksaan keadaan lapangan ?

1. **Keadaan lapangannya sendiri**

   – termasuk data-data yang diperlukan untuk land clearing, misalnya mengenai :

   1) **Tetumbuhannya** (kerapatan pohon, diameter pohon, kekerasan kayu, jenis-jenis pepohonan, struktur akar, dan lain-lain.
   2) Mengenai **keadaan tanahnya** (kekerasan tanah, keadaan lapisan tanah, jenis tanah dan lain-lain.
   3) Mengenai **keadaan curah hujannya.**
   4) Mengenai keadaan **topografi lapangan** pekerjaan.
   5) Mengenai **volume pekerjaan.**

2. **Keadaan kemampuan kerja**

   Pemeriksaan sarana tenaga kerja setempat dan yang perlu diusahakan, sangat penting untuk dilaksanakan, diantaranya :

   1). Mengenai **kemampuan tenaga kerja setempat.**
   2). Mengenai **kemampuan perusahaan-perusahaan setempat** untuk bidang-bidang yang diperlukan, misalnya : bidang sipil, bidang bahan bangunan, bidang peralatan dan sebagainya.
   3). Mengenai **kemampuan perlogistikan** perlu diadakan survey mengenai tempatnya, jumlahnya, harga-harganya, kemampuan supplainya dan sebagainya untuk bahan-bahan seperti : bahan bakar, pelumas, suku cadang, makanan, bahan bangunan dan lain-lain.

3. **Keadaan kemampuan transport**

   Pemeriksaan mengenai hal ini mencakup :

   1). Tujuan akhir transportasi peralatan & bahan.
   2). Keadaan & kemampuan jalan.
   3). Keadaan dan kemampuan jembatan.
   4). dan lain-lain yang dipergunakan untuk transportasi bahan & alat.

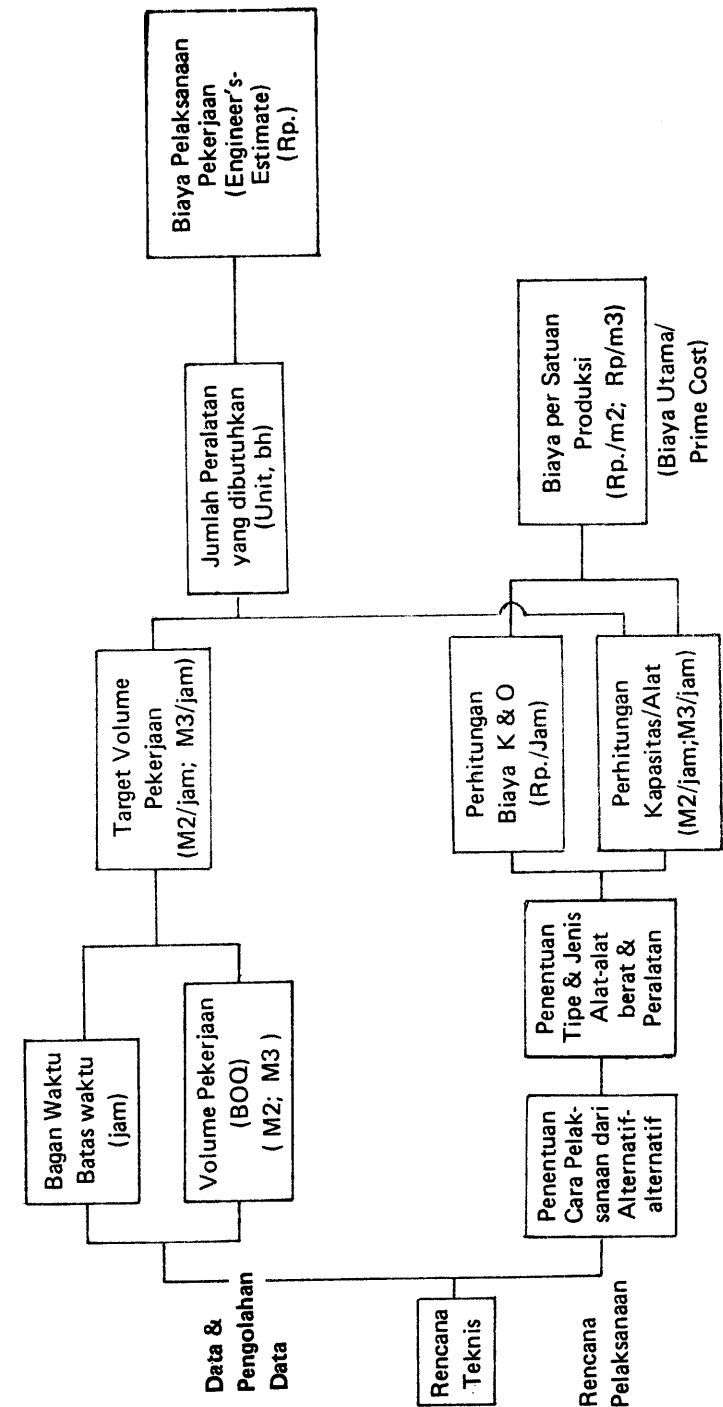
3. PERENCANAAN PELAKSANAAN PEKERJAAN

Dari pemeriksaan keadaan lapangan (survey), kita dapat menentukan beberapa kegiatan selanjutnya, diantaranya adalah :

- Metoda pelaksanaan pekerjaan yang dipilih.
- Macam, jenis, tipe peralatan/alat-alat berat yang akan digunakan.
- Jumlah alat-alat berat/peralatan yang sesuai dengan volume & bagan waktu pelaksanaan pekerjaan.

Setelah kita mengetahui metoda pelaksanaan pekerjaan dan peralatannya, dari beberapa alternatif kita dapat memilih yang paling menguntungkan dan paling baik.
Metoda pelaksanaan pekerjaan harus sudah meliputi hal-hal berikut :

- Pembersihan Medan (Land Clearing)
- Pengupasan Medan (Stripping)
- Galian tanah
- Timbunan tanah dan penebaran
- Pemadatan tanah dan
- Perataan tanah.

Cara kerja yang tepat dan benar mempunyai efek yang besar terhadap produksi alat. Cara pelaksanaan pekerjaan yang tepat sangat dipengaruhi oleh volume pekerjaan, spesifikasi pekerjaan, bagan waktu yang ditentukan, keadaan lapangan dan sebagainya.
Pemilihan cara pelaksanaan pekerjaan adalah identik dengan pemilihan penggunaan peralatan di dalam pelaksanaan pekerjaan tanah dengan menggunakan alat-alat berat.

4. PERBANDINGAN PELAKSANAAN PEKERJAAN

Dari metoda-metoda pelaksanaan pekerjaan yang ada, atau dari penggunaan macam dan jenis alat-alat berat yang digunakan kita dapatkan beberapa **alternatif pelaksanaan pekerjaan.**

Memang kadang-kadang sangat sulit menentukan alternatif mana yang paling sesuai untuk suatu pelaksanaan pekerjaan, karena kadang-kadang kita jumpai bahwa alternatif yang paling baik menurut pendapat kita, belum tentu paling murah biaya pelaksanaannya. Pemilihan alternatif yang paling baik sangat mempengaruhi berhasil tidaknya pelaksanaan proyek yang bersangkutan.

Faktor kemampuan pelaksanaan kerja dan faktor ekonomi sangat mempengaruhi pada pemilihan alternatif.

Pemilihan beberapa alternatif dapat kita batasi dengan faktor-faktor sebagai berikut :

1). Keadaan medan
2). Keadaan tanah
3). Kwalitas pekerjaan yang disyaratkan
4). Pengaruh lingkungan
5). Volume pekerjaan yang disyaratkan.
6). Biaya produksi untuk pelaksanaan pekerjaan dengan alat berat yang relatif rendah.
7). Prosedur Operasi alat dan pemeliharaan alat yang mudah dan sederhana.
8). Umur alat yang tinggi.
9). Undang-undang perburuhan, termasuk keselamatan kerja untuk para pelaksana.

Setelah secara garis besar ditentukan alternatif-alternatif yang mendekati dengan asumsi yang wajar untuk pelaksanaan pekerjaan, secara kasar dapat diperkirakan jumlah biaya keseluruhan untuk tiap-tiap alternatif, sehingga alternatif-alternatif dapat dibandingkan dari segi besarnya biaya.

Kalau dipandang dari segi pelaksanaan pekerjaan atau dengan kata lain dari segi pemilihan peralatan maka yang perlu dipertimbangkan adalah bahwa :

1). Kapasitas alat yang dipilih harus **sesuai** dengan volume pekerjaan, begitu pula jumlah alat harus sesuai dengan volume pekerjaan yang diminta.
2). Dari pengertian **"armada alat"**, bahwa kapasitas alat yang satu harus **sesuai** dengan kapasitas alat yang lain, jangan terlalu kecil atau terlalu besar, sehingga menyebabkan ada alat yang **menunggu** alat yang lain. Hal ini merupakan hal yang **tidak ekonomis** dari segi penggunaan alat.
3). **Fungsi ganda** harus diusahakan untuk semua alat yang digunakan untuk pekerjaan **tersebut. Sebenarnya bukan ganda saja, tetapi kalau mungkin**

lebih dari dua fungsi penggunaan alat, agar penggunaan alat dapat terus menerus dimanfaatkan.

4). Pemeliharaan alat yang **mudah** dan pengelolaan yang **sederhana.** Untuk itu agar dapat diusahakan pemilihan alat yang populer dan terjamin suku cadang dan perbaikannya, yang diukur dari kemampuan pengelolaan sendiri maupun dari perusahaan lain ataupun dari perusahaan perwakilannya.

5. PERHITUNGAN PRODUKSI ALAT BERAT
(Kapasitas Operasi Alat Berat)

Dalam merencanakan proyek-proyek yang dikerjakan dengan alat-alat berat, satu hal yang amat sangat penting adalah bagaimana menghitung kapasitas operasi alat-alat berat.

Langkah pertama dalam membuat estimasi kapasitas alat adalah menghitung secara teoritis seperti yang dijelaskan di bawah ini.
Hasil perhitungan tersebut kemudian dibandingkan dengan pengalaman yang nyata dari pekerjaan-pekerjaan yang telah pernah dilakukan dari pekerjaan-pekerjaan sejenis.
Atas dasar perbandingan itu, terutama pada effisiensi kerjanya, kita dapat menentukan harga besaran estimasi kapasitas alat yang paling sesuai untuk proyek yang bersangkutan, sehingga estimasi biaya proyek tidak terlalu optimis ataupun terlalu kebesaran.

Maka dari itu pertama-tama perlu diketahui mengenai perhitungan teoritis serta perlu kemampuan memperkirakan effisiensi kerja yang sesuai untuk job-site yang bersangkutan. Dari hal-hal tersebut kita akan mampu memperkirakan dengan tepat penyelesaian suatu volume pekerjaan yang akan dikerjakan dengan akat-alat yang ditentukan.

METODE PERHITUNGAN PRODUKSI ALAT BERAT.

Biasanya kapasitas operasi dari suatu mesin konstruksi dinyatakan dalam m^3/jam atau Cu Yd/jam.
Produksi didasarkan pada pelaksanaan volume yang dikerjakan per siklus waktu dan jumlah siklus dalam satu jam misalnya.

$$Q = q \times N \times E = q \times \frac{60}{Cm} \times E.$$

dimana Q = produksi per jam dari alat (m^3/jam, cu.yd/jam).

q = produksi (m^3, cu.yd) dalam satu siklus kemampuan alat untuk memindahkan tanah-lepas.

N = jumlah siklus dalam satu jam

$$N = \frac{60}{Cm}$$

E = Effisiensi kerja.

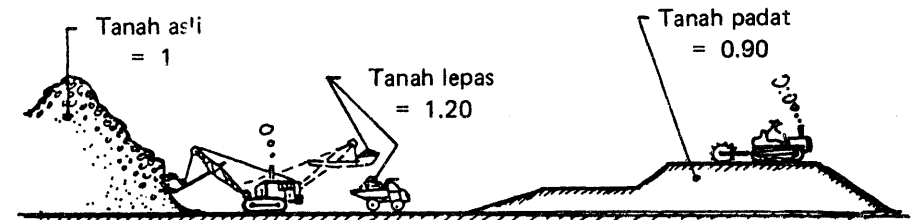
Cm = Waktu siklus dalam menit.

1. Faktor konversi volume tanah.

Volume banyaknya tanah tergantung dari pada apakah tanah tersebut dalam keadaan asli (belum dikerjakan alat berat), apakah telah lepas

karena telah terkena pengerjaan dengan alat-alat berat, atau apakah telah dipadatkan.

Faktor konversi tergantung dari type tanah dan derajat pengerjaan, tetapi biasanya angka termaksud berkisar seperti pada tabel di bawah ini.

Untuk memperoleh produktivitas suatu alat berat, maka faktor konversi diambil dari Tabel 1, dan produktivitas mesin dianggap untuk tanah lepas.
Meskipun demikian, jika merencanakan proyek, volume harus dihitung apakah untuk tanah asli atau tanah yang dipadatkan misalnya, maka harus hati-hati di dalam perhitunganya.

Perubahan volume tanah karena pengerjaan dengan alat-alat berat.

Tabel 1. Faktor Konversi untuk Volume Tanah

Jenis Tanah	Kondisi tanah semula	Kondisi tanah yang akan dikerjakan		
		Asli	Lepas	Padat
Pasir	(A) (B) (C)	1.00 0.90 1.05	1.11 1.00 1.17	0.95 0.86 1.00
Tanah liat berpasir/ tanah biasa	(A) (B) (C)	1.00 0.80 1.11	1.25 1.00 1.39	0.90 0.72 1.00
Tanah liat	(A) (B) (C)	1.00 0.70 1.11	1.25 1.00 1.59	0.90 0.63 1.00
Tanah campur kerikil	(A) (B) (C)	1.00 0.85 0.93	1.18 1.00 1.09	1.08 0.91 1.00
Kerikil	(A) (B) (C)	1.00 0.88 0.97	1.13 1.00 1.10	1.03 0.91 1.00
Kerikil kasar	(A) (B) (C)	1.00 0.70 0.77	1.42 1.00 1.10	1.29 0.91 1.00
Pecahan cadas atau batuan lunak	(A) (B) (C)	1.00 0.61 0.82	1.65 1.00 1.35	1.22 0.74 1.00
Pecahan granit atau batuan keras	(A) (B) (C)	1.00 0.59 0.76	1.70 1.00 1.30	1.31 0.77 1.00
Pecahan batu	(A) (B) (C)	1.00 0.57 0.71	1.75 1.00 1.24	1.40 0.80 1.00
Batuan hasil peledakan	(A) (B) (C(	1.00 0.56 0.77	1.80 1.00 1.38	1.30 0.72 1.00

(A) Tanah asli, (B) Tanah lepas, (C) Tanah padat.

CONTOH :

Harus dilaksanakan suatu pemindahan tanah 1.000 m^3 tanah asli.

a). Berapakah volume termaksud sesudah digali untuk diangkut ?

b). Berapakah jadinya volume termaksud kalau dipadatkan ?

	Tanah asli		Tanah lepas		Tanah padat
Tanah biasa	1.000 m^3	x 1,25 =	1.250 m^3	x 0,72 =	900 m^3
Batu split	1.000 m^3	x 1.13 =	1.130 m^3	x 0,91 =	1.030 m^3
Cadas lunak	1.000 m^3	x 1.65 =	1.650 m^3	x 0.74 =	1.220 m^3

2. Effisiensi kerja (E).

Dalam merencanakan suatu proyek, produktivitas per jam dari suatu alat yang diperlukan adalah produktivitas standard dari alat tersebut dalam kondisi ideal dikalikan dengan suatu faktor.
Faktor tersebut dinamakan effisiensi kerja.

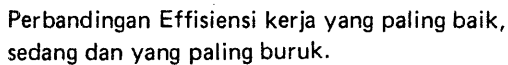
Effisiensi kerja tergantung pada banyak faktor seperti : topografi, keahlian operator, pemilihan standar pemeliharaan dan sebagainya yang menyangkut operasi alat.

Dalam kenyataannya memang sulit untuk menentukan besarnya effisiensi kerja, tetapi dengan dasar pengalaman-pengalaman dapat ditentukan effisiensi kerja yang mendekati kenyataan.

Tabel 2. Effisiensi Kerja.

Kondisi operasi Alat	Pemeliharaan Mesin				
	Baik sekali	Baik	Sedang	Buruk	Buruk sekali
Baik sekali	0,83	0,81	0,76	0,70	0,63
Baik	0,78	0,75	0,71	0,65	0,60
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,60	0,54
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52	0,45
Buruk sekali	0,52	0,50	0,47	0,42	0,32

Perbandingan Effisiensi kerja yang paling baik, sedang dan yang paling buruk.

Kondisi kerja tergantung dari hal-hal berikut dan keputusan terakhir harus diambil dengan memperhitungkan semua hal tersebut di bawah ini:

a). Apakah alat sesuai dengan topografi yang bersangkutan.

b). Kondisi dan pengaruh lingkungan seperti ukuran medan dan peralatan, cuaca saat itu dan penerangan pada tempat dan waktu yang diperlukan.

c). Pengaturan kerja dan kombinasi kerja antar peralatan dan mesin.

d). Metode operasional dan perencanaan persiapan.

e). Pengalaman dan kepandaian operator dan pengawas untuk pekerjaan termaksud.

Hal-hal berikut harus diperhatikan dalam pelaksanaan pemeliharaan peralatan :

a). **Penggantian pelumas dan grease (gemuk) secara teratur.**

b). **Kondisi peralatan pemotong (blade, bucket, bowl, dan sebagainya).**

c). **Persediaan suku-suku cadang yang sering diperlukan untuk peralatan yang bersangkutan.**

Perhitungan Produksi Bulldozer.

Produksi per jam suatu bulldozer pada suatu penggusuran adalah sebagai berikut :

$$Q = \frac{q \times 60 \times E}{Cm} \; m^3/\text{jam, cu.yd/jam.}$$

dimana : q = Produksi per siklus (m^3, cu.yd).
Cm = Waktu siklus (dalam menit).
E = Effisiensi kerja.

1. **Produksi per siklus (q).**

Untuk pekerjaan penggusuran, produksi per siklus adalah sebagai berikut :

$q = L \times H^2 \times a.$

Dimana : L = lebar sudu (blade), (m, yd).
H = tinggi sudu (blade), (m, yd).
a = factor sudu.

TRACTOR/BULLDOZER

Dalam menghitung produktivitas standar dari suatu bulldozer, volume tanah yang dipindahkan dalam satu siklus dianggap sama dengan lebar sudu x $(\text{tinggi sudu})^2$.
Sesungguhnya produksi per siklus akan berbeda-beda tergantung dari type tanah, sehingga faktor sudu diperlukan untuk penyesuaian karena pengaruh tersebut.

Tabel 3. Faktor sudu dalam penggusuran.

Derajat pelaksanaan penggusuran		Faktor sudu
Penggusuran ringan.	Penggusuran dapat dilaksanakan dengan sudu penuh tanah lepas : Kadar air rendah, tanah berpasir tak dipadatkan, tanah biasa, bahan/material untuk timbunan-persediaan (stockpile).	1,1 ÷ 0,9
Penggusuran sedang.	Tanah lepas, tetapi tidak mungkin menggusur dengan sudu penuh : Tanah bercampur kerikil atau split, pasir, batu pecah.	0,9 ÷ 0,7
Penggusuran agak sulit.	Kadar air tinggi dan tanah liat, pasir bercampur kerikil, tanah liat yang sangat kering, dan tanah asli.	0,7 ÷ 0,6
Penggusuran sulit.	Batu-batu hasil ledakan, batu-batu berukuran besar-besar.	0,6 ÷ 0,4

2. **Waktu siklus (Cm).**

Waktu yang dibutuhkan untuk suatu bulldozer menyelesaikan satu siklus (menggusur, ganti persnelling dan mundur) dapat dihitung sesuai dengan rumus berikut :

$$Cm = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z \quad (\text{menit}).$$

dimana : D = jarak angkut (m, yd).
F = kecepatan maju (m/min, yd/min).
R = kecepatan mundur (m/min, yd/min).
Z = waktu untuk ganti persnelling.

(1). Kecepatan maju, kecepatan mundur.

Biasanya kecepatan maju berkisar antara 3 ÷ 5 km/jam dan kecepatan mundur antara 5 ÷ 7 km/jam.
Jika mesin menggunakan TORQFLOW maka kecepatan maju diambil 0,75 dari maksimum sedangkan kecepatan mundur 0,85 maksimum.

(2). Waktu yang diperlukan untuk ganti persnelling.

	Waktu untuk ganti persnelling
Mesin gerak langsung :	
– dengan tongkat tunggal	0,10 menit.
– dengan tongkat ganda	0,20 menit.
Mesin-mesin TORQFLOW	0,05 menit.

3. **Effisiensi Kerja.**

Lihat tabel 2.

4. **Kondisi standar serta besaran angka-angka untuk perhitungan produksi standar.**

– volume tanah = lepas.
– Faktor sudu = 1,00
– Effisiensi kerja = 0,83

5. **Contoh perhitungan produksi alat.**

1). **Soal** : Berapakah produktivitas per jam sebuah bulldozer (± 320 HP) jika melaksanakan penggusuran dengan kondisi-kondisi berikut :

Kondisi kerja :
– Jarak gusur = 40 m.
– Type tanah-tanah liat berpasir.
– Effisiensi kerja : 0,75 (baik).
– Kecepatan : F_1 (0 ÷ 3,7 km/jam)
R_2 (0 ÷ 8,2 km/jam)

2). **Penyelesaian.**

Produksi per siklus.

$q = (\text{tinggi sudu})^2 \times \text{lebar sudu} \times \text{faktor sudu}$
$= 1,59 \times 4,13 \times 0,80 = 8,5\ m^3.$

Waktu siklus.

- Kecepatan maju F = 3,7 x 0,75 = 2,8 km/jam (46,7 m/min).
- Kecepatan mundur R = 8,2 x 0,85 = 7,0 km/jam (116,7 m/min).
- Waktu ganti persnelling Z = 0,05 menit.

  Waktu siklus = $\frac{40}{46,7} + \frac{40}{46,7} + 0,05 = 1,25$ menit.
- Effisiensi kerja = 0,75.
- Produktivitas sesungguhnya :
  - Faktor konversi volume tanah :

    Lepas f = 1.00 ; Asli f = 0,80.

Produktivitas untuk tanah lepas :

$$Q = \frac{8,5 \times 60 \times 0,75 \times 1,00}{1,26} = 304 \text{ m}^3\text{/jam.}$$

Produktivitas untuk tanah asli :

$$Q = \frac{8,5 \times 60 \times 0,75 \times 0,80}{1,26} = 243 \text{ m}^3\text{/jam.}$$

2. PERHITUNGAN PRODUKSI DOZER SHOVEL DAN WHEEL LOADER.

Produksi per jam dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$Q = \frac{q \times 60 \times E}{Cm}$$

dimana : Q = produksi per jam (m^3/jam), (cu. yd/jam).

q = produksi per siklus (m^3, cu. yd).

Cm = waktu siklus (menit).

E = effisiensi kerja.

1. **Produksi per siklus.**

   $q = q_1 \times K.$

   dimana : q_1 = kapasitas munjung (penuh) yang tercantum dalam spesifikasi.

   K = faktor bucket.

   Banyaknya tanah yang dapat dikeruk ke dalam bucket tergantung dari tipe dan keadaan tanah saat itu.

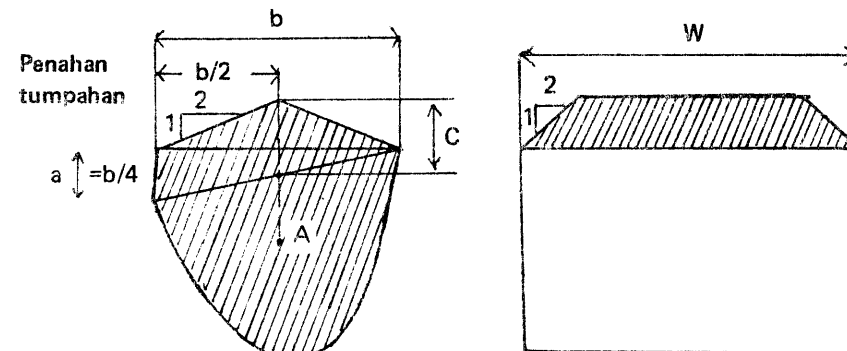
   Perbedaan ini diperhitungkan melalui suatu perkalian dengan faktor-faktor seperti tercantum dalam tabel di bawah ini :

SWAMP DOZER SHOVEL

Tabel 4. Faktor Bucket.

	Kondisi pemuatan	Faktor
Pemuatan ringan.	Pemuatan material/bahan dari stockpile atau dari material yang telah dikeruk oleh ekskavator lain, dengan tidak memerlukan lagi daya gali dan bahan dapat dimuat munjung ke dalam bucket. **Contoh :** pasir, tanah berpasir, tanah colloidal dengan kadar air sedang dll.	1,0 ÷ 0,8
Pemuatan sedang.	Pemuatan dari stockpile tanah lepas yang lebih sukar dikeruk dan dimasukkan ke dalam bucket tetapi dapat dimuat sampai hampir munjung (antara peres dan munjung (penuh). **Contoh :** pasir kering, tanah berpasir, tanah campur tanah liat, tanah liat, gravel yang belum disaring, pasir padat dan sebagainya, atau menggali dan memuat gravel lunak langsung dari bukit asli.	0,8 ÷ 0,6
Pemuatan yang agak sulit.	Pemuatan batu belah atau batu cadas belah, tanah liat yang keras pasir campur gravel, tanah berpasir, tanah colloidal yang liat, tanah liat dengan kadar air yang tinggi, bahan-bahan tersebut telah ada pada stockpile/persediaan sulit untuk mengisi bucket dengan material-material tersebut.	0,6 ÷ 0,5
Pemuatan yang sulit.	Batu bongkah besar-besar dengan bentuk yang tidak beraturan dengan banyak ruangan di antara tumpukannya batu hasil ledakan batu-batu bundar yang besar-besar, pasir campuran batu-batu bundar tersebut, tanah berpasir, tanah campur lempung, tanah liat yang tidak bisa dimuat-gusur ke dalam bucket.	0,5 ÷ 0,4

2. Kapasitas Bucket SAE.

Kapasitas bucket dari dozer-Shovel dan wheel Loader dihitung sebagai berikut :

- Lebar dalam rata-rata dari bucket = W
- Luas penampang melintang = A
- Kapasitas bucket dengan 2 : 1 sudut kemiringan
- Kapasitas peres = $V_s = AW - 2/3\ a^2 b$
- Kapasitas munjung = $V_r = V_s + \frac{b^2 . W}{8} - \frac{b^2}{6}(a + c)$

Kapasitas peres adalah sama dengan volume material di dalam bucket sesudah material munjung diratakan setinggi tepiannya dengan batang lurus, ujung yang satu bergerak sepanjang tepi-potong (cutting edge) sedang yang lain sepanjang tepi-belakang atau penahan tumpahan (spill guard).

Kapasitas peres dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$V_s = AW - \frac{2}{3} a^2 b.$$

dimana : A = penampang melintang ditengah-tengah bucket (mm^2, $inci^2$).

W = lebar-dalam rata-rata dari bucket, (mm, inci).

a = tinggi penahan-tumpahan di tengah-tengah bucket tegak lurus pada garis operasi (mm, inci).

b = panjang bukaan pada tengah-tengah bucket (mm, inci).

Dengan menggunakan perbandingan kemiringan 1 : 2 terhadap muatan-munjung, maka kapasitas munjung dapat dihitung sebagai berikut :

$$Vr = V_s + \frac{b^2 . W}{8} - \frac{b^2}{6} (a + c)$$

dimana c = panjang garis normal ke garis-operasi (lihat gambar).

Penampang melintang ini dibatasi oleh perkiraan batas tanah-munjung, garis bucket dan garis penahan-tumpahan.
Metode ini digunakan untuk bucket-bucket dengan sisi miring yang sejajar serta tepi-potong dan penahan-tumpahan yang sejajar pula.
Siku-siku penahan tumpahan yang dipasang di pojok-pojok bucket sebelah belakang tidak begitu banyak mempengaruhi pada perhitungan.

3. Waktu siklus (Cm).

Waktu siklus dapat dihitung dengan rumus berikut :

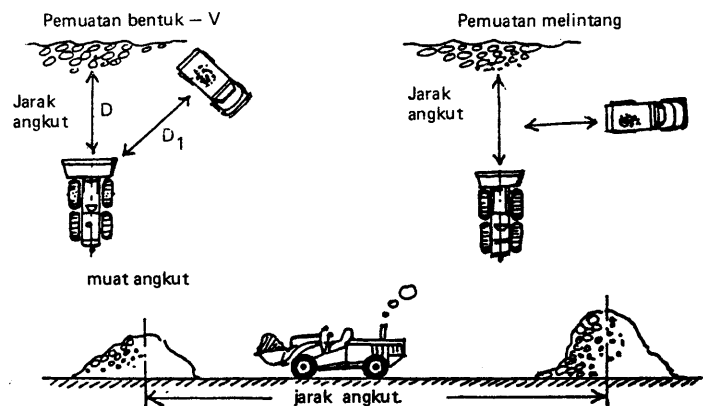
- Pada pemuatan melintang.

$$Cm = \frac{D}{F} + \frac{D^1}{R} + Z$$

- Pada pemuatan bentuk V.
- Pada muat-angkut :

$$Cm = \frac{D}{F} x\ 2 + Z$$

dimana : Cm = waktu siklus (menit).
D = jarak angkut (m, yd).
F = kecepatan maju (m/menit, yd/menit).
R = kecepatan mundur (m/menit, yd/menit).
Z = waktu tetap (menit).

(1) Jarak angkut.

(2) **Kecepatan maju, Kecepatan mundur.**

Gigi-2 atau gigi-3 selalu digunakan untuk maju ataupun mundur. Untuk mesin-mesin TORQFLOW, besarnya kecepatan diberikan dalam spesifikasi dikalikan dengan 0,8 untuk memperoleh kecepatan yang akan digunakan dalam perhitungan.

(3). Waktu tetap.

Waktu tetap adalah jumlah waktu-waktu yang diperlukan untuk ganti persnelling, pemuatan, berputar, membuang muatan serta menunggu dumptruck.
Lihat tabel berikut.

	Pemuatan bentuk V	Pemuatan melintang	Muat & Angkut
Mesin gerak langsung	0,25	0,35	–
Mesin gerak hidrolis	0,20	0,30	–
Mesin gerak TORQFLOW	0,20	0,30	0,35

4. Effisiensi kerja.
Lihat tabel 3 – 2.

5. Contoh berikut diberikan untuk perhitungan produktivitas standard.

Volume tanah lepas.
Effisiensi kerja 0,83
Faktor bucket 1,00

6. Contoh perhitungan produksi.

Soal 1. Sebuah dozer shovel D 75 S-3 bekerja memuat sebuah dumptruck dengan kondisi-kondisi kerja sebagai berikut :

Metode operasi = pemuatan bentuk V
Jarak angkut = 7,5 m
Tipe tanah = batu belah
Effisiensi kerja = 0,83 (kondisi operasi dan pemeliharaan mesin-mesin : baik).
Faktor bucket = 0,8 (muatan sedang).
Kecepatan = F_2 = 0 ÷ 5,8 km/jam.
R_2 = 0 ÷ 6,0 km/jam.

Penyelesaian :

Produksi per siklus : q = 1,8 m^3 = 2,2 m^3 (munjung) x 0,8 Waktu siklus.

- Kecepatan maju = 5,8 x 0,8 = 4,6 km/jam = 77,3 m/menit.
- Kecepatan mundur = 7,5 x 0,8 = 6,0 km/jam = 100 m/menit.

– **Waktu tetap** = 0,2 menit.

– Waktu siklus Cm $= \frac{7,5 \times 2}{77,3} + \frac{7,5 \times 2}{100} + 0,2 = 0,54$ menit.

Effisiensi kerja.

Produktivitas sesungguhnya :

Faktor konversi volume tanah lepas f = 1,00, asli f = 0,61.

– Produktivitas tanah lepas :

$$Q = \frac{1,8 \times 60 \times 0,83 \times 1,00}{0,54} = 166\ m^3/jam.$$

– Produktivitas tanah asli :

$$Q = \frac{1,8 \times 60 \times 0,83 \times 0,61}{0,54} = 101\ m^3/jam.$$

Soal 2. : Sebuah wheel loader Komatsu W 170 dengan bucket 3,9 m^3 bekerja memuat dumptruck dengan kondisi sebagai berikut :

Kondisi kerja :

- Metode operasi = pemuatan silang.
- Jarak angkut = 10 m.
- Tipe tanah = tanah liat berpasir.
- Effisiensi kerja = 0,83
- Faktor bucket = 0,9 (pemuatan ringan)
- Kecepatan alat = $F_1 = 0 \div 7$ km/jam.
  $R_1 = 0 \div 7$ km/jam.

Penyelesaian :

– Produksi per siklus = q = 3,5 m^3
= 3,9 m^3 (munjung) x 0,9.

– Waktu siklus :

- Kecepatan maju 7 x 0,8 = 5,6 km/jam = 93,3 m/menit.
- Kecepatan mundur 7 x 0,8 = 5,6 km/jam = 93,3 m/menit.
- Waktu tetap 0,3 menit.

Waktu siklus Cm $= \frac{10}{93,3} + \frac{10}{93,3} + 0,3 = 0,51$ menit.

Effisiensi kerja 0,83.

Produktivitas sesungguhnya.

Faktor konversi volume tanah.

Tanah lepas f = 1,00

Tanah asli f = 0,80

Produktivitas tanah lepas.

$$Q = \frac{3,5 \times 60 \times 0,83 \times 1,00}{0,51} = 342\ m^3/jam.$$

Produktivitas tanah asli :

$$Q = \frac{3,5 \times 60 \times 0,83 \times 0,80}{0,51} = 273\ m^3/jam.$$

3. PRODUKSI EKSKAVATOR HIDROLIS.

Kapasitas operasi :

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{Cm}$$

dimana Q = produksi per jam (m^3/jam).
q = produksi per siklus (m^3).
Cm = waktu siklus (detik).
E = effisiensi kerja.

1. Produksi per siklus (q).

$q = q_1 \times K$.

dimana q_1 = kapasitas-munjung menurut SAE (di dalam spesifikasi).
K = faktor bucket, lihat tabel berikut :

EKSKAVATOR HIDROLIS/HYDRAULIC EXCAVATOR.

Tabel 4. Faktor bucket

	Kondisi pemuatan	Faktor
Ringan	Menggali dan memuat dari stockpile atau material yang telah dikeruk oleh ekskavator lain, yang tidak membutuhkan gaya gali dan dapat dimuat munjung dalam bucket. Pasir, tanah berpasir, tanah koloidal dengan kadar air sedang.	1,0 ÷ 0,8
Sedang	Menggali dan memuat stockpile lepas dari tanah yang lebih sulit untuk digali dan dikeruk tetapi dapat dimuat hampir munjung. Pasir kering, tanah berpasir, tanah campuran tanah liat, tanah liat, gravel yang belum disaring, pasir yang telah memadat dan sebagainya, atau menggali dan memuat gravel langsung dari bukit-gravel-asli.	0,8 ÷ 0,6
Agak – sulit	Menggali dan memuat batu-batu pecah, tanah liat yang keras, pasir campur kerikil, tanah berpasir, tanah koloidal liat, tanah liat, dengan kadar air tinggi, yang telah di stockpile oleh ekskavator lain. Sulit untuk mengisi bucket dengan material tersebut.	0,6 ÷ 0,5
Sulit	Bongkahan, batuan besar dengan bentuk tak teratur dengan ruangan diantaranya batuan hasil ledakan, batu bundar, pasir campur batu-batu bundar, tanah berpasir, tanah campur tanah liat, tanah liat yang sulit untuk dikeruk dengan bucket.	0,5 ÷ 0,4

2. Waktu siklus (Cm).

Cm = waktu gali + waktu putar x 2 + waktu buang.

- Waktu menggali biasanya tergantung pada kedalaman gali dan kondisi galian.

Waktu gali (detik).

Kondisi gali/ Kedalaman gali.	Ringan	Rata-rata	Agak sulit	Sulit
0 m – 2 m	6	9	15	26
2 m – 4 m	7	11	17	28
4 m – lebih	8	13	19	30

- Waktu putar tergantung dari sudut dan kecepatan putar.

Waktu putar (detik).

Sudut putar	Waktu putar
45° ÷ 90°	4 ÷ 7
90° ÷ 180°	5 ÷ 8

- Waktu buang tergantung pada kondisi pembuangan material.

Satuan (detik) :

– Ke dalam Dumptruck = 5 ÷ 8 detik.

– Ke tempat pembuangan = 3 ÷ 6 detik.

3. Effisiensi kerja (lihat tabel).

Kondisi Operasi Alat	Pemeliharaan Mesin				
	Baik sekali	Baik	Normal	Buruk	Buruk sekali
Baik sekali	0,83	0,81	0,76	0,70	0,63
Baik	0,78	0,75	0,71	0,65	0,60
Normal	0,72	0,69	0,65	0,60	0,54
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52	0,45
Buruk-sekali	0,52	0,50	0,47	0,42	0,32

Perapian tebing.

$$A = (\text{Lebar bucket} - 0{,}3\text{ m}) \times \text{panjang perapian} \times \frac{3600}{Cm} \times E$$

dimana A = produksi per jam m^2/jam.

Cm = waktu siklus.

E = effisiensi kerja.

1. **Waktu siklus (Cm)..**

Waktu siklus = waktu perapian + waktu travel.

$$\text{Waktu perapian} = \frac{\text{panjang perapian}}{\text{kecepatan perapian.}}$$

Panjang tebing (m)	Kecepatan perapian (m/detik)
– 0,5	0,2
0,5 – 1	0,1
1 – 2	0,08
2 – 4	0,05
4 – lebih	0,02

2. Effisiensi kerja.

Effisiensi kerja berkisar 0,2 ÷ 0,4

Pemadatan.

$$A = (\text{Lebar bucket} - 0{,}3\text{ m}) \times \text{panjang bucket} \times \frac{3600}{Cm} \times E$$

dimana A = produksi per jam (m^2/jam).

Cm = waktu siklus (detik).

E = effisiensi kerja .

1. Waktu siklus (Cm).

Waktu siklus = waktu pemadatan x jumlah pemadatan + waktu travel.

Waktu pemadatan = 4 – 7 detik.

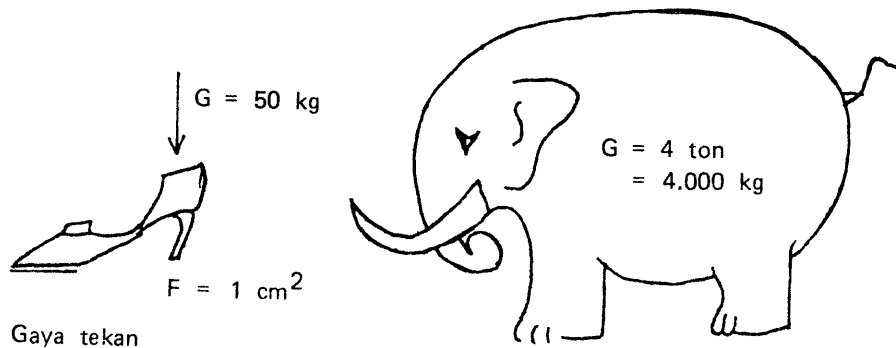
Jumlah pemadatan = 2 ÷ 3

Waktu travel = 8 ÷ 12 detik

Untuk menghitung produksi per jam kombinasi pekerjaan perapian dan pemadatan (yang biasanya digunakan pada perapian tebing kanal, maka waktu travel tidak ditambahkan pada waktu siklus-Produksi trimming (m^2/jam).

$$= \frac{\text{Produksi perapian x produksi pemadatan}}{\text{Produksi perapian + produksi pemadatan.}}$$

2. Effisiensi kerja.

Effisiensi kerja berkisar antara 0,2 – 0,4.

$T = \frac{50 \text{ kg}}{1 \text{ cm}^2} = 50 \text{ kg/cm}^2$

$F = 4\ (20 \times 20)\ \text{cm}^2 = 1600\ \text{cm}^2$

Gaya tekan :

$T = \frac{4.000 \text{ kg}}{1.600 \text{ cm}^2} = 2{,}5 \text{ kg/cm}^2$

1. Perhitungan waktu siklus.

Waktu siklus dump truck tergantung dari beberapa faktor :

1. Waktu yang diperlukan loader untuk mengisi dump truck.
2. Waktu untuk mengangkut tanah.
3. Waktu yang dibutuhkan untuk membongkar muatan material.
4. Waktu yang diperlukan untuk kembali.
5. Waktu yang diperlukan untuk posisi pengisian dan untuk loader mulai mengisi.

Waktu siklus = 1 + 2 + 3 + 4 + 5.

$$Cm_t = n.\ Cm_s + \frac{D}{V_1} + t_1 + \frac{D}{V_2} + t_2$$

waktu muat, waktu angkut, waktu buang, waktu kembali, waktu tunggu & tunda

dimana Cm_t = waktu siklus dump truck

n = jumlah siklus yang diperlukan loader untuk mengisi dump truck.

$$n = \frac{C_1}{q_1} \times K$$

C_1 = **kapasitas rata-rata dump truck.(m^3, cu yd)**

q_1 = **kapasitas bucket dari loader (m^3)**

K = **faktor bucket dari loader.**

Cm_s = **waktu siklus loader (menit)**

D = **jarak angkut dump truck (m. yd)**

V_1 = **kecepatan rata-rata truck bermuatan (m/menit, yd/menit).**

V_2 = kecepatan rata-rata truck kosong (m/menit, yd/menit).

t_1 = waktu buang + waktu standby sampai pembuangan mulai (menit).

t_2 = waktu untuk posisi pengisian dan untuk loader mulai mengisi (menit).

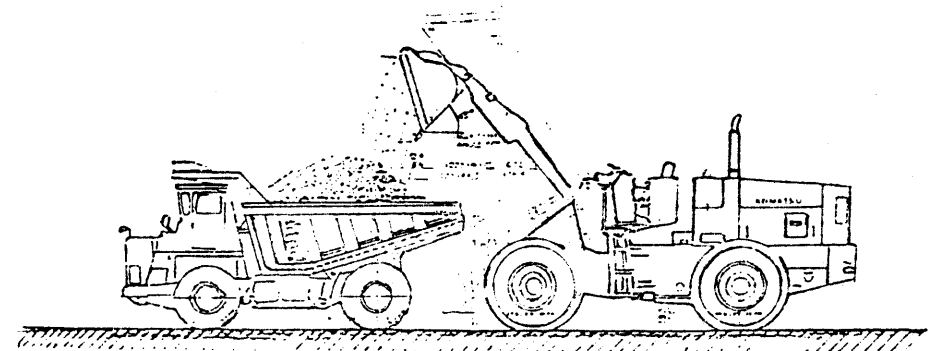
(1). Waktu pemuatan.

Waktu yang diperlukan loader untuk memuat dump truck dapat dihitung dengan rumus berikut :

Waktu muat = waktu siklus (Cm_s) + Jumlah siklus untuk mengisi dump truck (n).

(a). Waktu siklus loader (Cm_s).

Waktu siklus loades tergantung dari tipe loader (ekskavator, loader roda kelabang, loader roda ban dan sebagainya).

Lihat juga mengenai perkiraan produksi loader pada bab perhitungan produksi loader.

(b). Jumlah siklus yang diperlukan untuk Loader untuk mengisi dumptruck sampai penuh (n).

Daya muat dump truck dapat dinyatakan dalam kapasitas volume atau beratnya muatan.

– Jika daya muat dinyatakan dalam volume :

$$n = \frac{\text{Kapasitas dump truck } (m^3, cu'. yd).}{\text{Kapasitas bucket } (m^3, cu. yd) \times \text{Faktor bucket.}}$$

– Jika daya muat dinyatakan dalam berat :

$$n = \frac{\text{Kapasitas dump truck (kg, lb).}}{\text{Kapasitas bucket } (m^3, cu. yd) \times \text{faktor} \times \text{berat jenis.}}$$

* Kapasitas bucket biasanya dianggap kapasitas bucket yang munjung, tetapi tergantung pula dari sifat material yang dikeruk.

* Faktor bucket ditentukan oleh sifat alamiah tanah yang dikeruk atau dimuat. Untuk dozer shovel atau wheel loader faktor-faktor dapat disesuaikan dengan faktor-faktor yang bersangkutan yang tercantum dalam Tabel 4 sesuai dengan kondisi pemuatannya.

(2). Waktu angkut material dan waktu kembali.

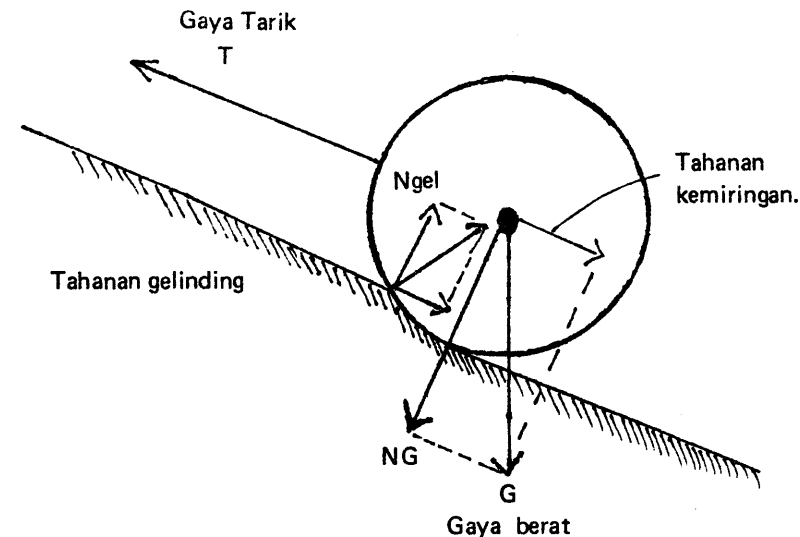
Waktu untuk angkut muatan dan kembali kosong dapat dihitung dengan membagi haul road ke dalam bagian-bagian yang disesuaikan dengan tahanan gelinding dan tahanan kemiringannya, sebagai berikut :

(a). Tahanan gelinding dan tahanan kemiringan.

Seperti telah disebutkan diatas, jalan kerja terbagi dalam beberapa bagian sesuai dengan tahanan gelinding dan tahanan kemiringan. Untuk mendapatkan tahanan total, kedua tahanan tersebut dijumlahkan untuk masing-masing tahanan. Tahanan gelinding untuk jalan kerja dapat diperkirakan menurut Tabel 5 berikut ini disesuaikan dengan kondisinya.

Tahanan kemiringan dapat dihitung dengan anggapan bahwa dapat diambil kemiringan rata-rata dari bagian-bagian jalan kerja yang dikonversikan dari derajat ke prosen. Tabel 6 menunjukkan tahanan kemiringan (%) yang dikonversikan dari besarnya derajat sudut kemiringan.

Tabel 5. Tahanan Gelinding.

Kondisi jalan kerja	Tahanan Gelinding
– Terpelihara baik, permukaan rata dan keras secara baik dan rutin dibasahi, tidak ambles karena berat kendaraan.	2 %
– Sama seperti diatas, tetapi permukaan jalan agak ambles karena berat kendaraan.	3,5 %
– Kurang terpelihara, tidak pernah dibasahi/disiram, jalan ambles karena berat kendaraan.	5 %
– Kurang terpelihara sama sekali, dasar jalan tidak dipadatkan, mudah terbentuk jejak kendaraan/lubang-lubang.	8,0 %
– Pasir lepas atau kerikil.	10,0 %
– Tidak terpelihara sama sekali, lunak, berlumpur, berlubang-lubang.	15 sampai 20%

Tabel 6. Tahanan kemiringan (%) dikonversikan dari sudut kemiringan (°).

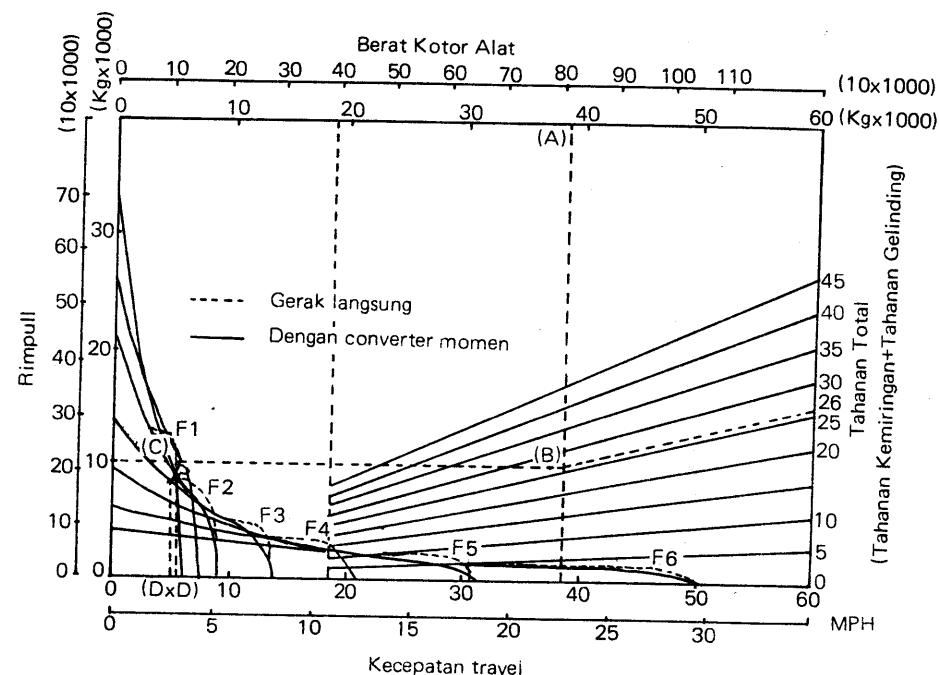
Sudut (—°)	% (sin)	Sudut (—°)	% (sin)	Sudut (—°)	% (sin)
1	1,8	11	19,0	21	35,8
2	3,5	12	20,8	22	37,5
3	5,2	13	22,5	23	39,1
4	7,0	14	24,2	24	40,2
5	8,7	15	25,9	25	42,3
6	10,5	16	27,6	26	43,8
7	12,2	17	29,2	27	45,4
8	13,9	18	30,9	28	47,0
9	15,6	19	32,6	29	48,5
10	17,4	20	34,2	30	50,0

(c). Cara memilih kecepatan travel.

Kecepatan yang sesuai dengan tahanan dan kecepatan maksimum dapat diperoleh dari grafik terlampir (Performance Curve) untuk Travel dari Buku Katalog Pabrik yang bersangkutan.
Cara menggunakannya adalah sebagai berikut :

- Tarik garis vertikal sesuai dengan berat kendaraan (A) dan beri tanda pada titik B yang menunjukkan tahanan total (jumlah antara tahanan gelinding dan tahanan kemiringan).
- Kemudian tarik garis horisontal dari titik B dan beri tanda titik C dimana garis tersebut memotong garis rimpull dan dapat diketahui (E) untuk rimpull.
- Untuk kecepatan travel (D), tarik garis vertikal ke bawah dari titik C.

Misalnya : Untuk travel suatu kemiringan dengan sudut 22% serta tahanan gelinding sebesar 4%, suatu kendaraan dengan berat 20 ton harus mempunyai rimpull 10,2 ton dan kecepatan travel 5,0 km/jam untuk gerak dengan penerus-momen (torque converter) dan 5,5 km/jam untuk gerak langsung pada waktu maju dengan gigi — 1.

Gambar 1. Grafik Tampilan (Performance Curve) untuk travel.

Kecepatan maksimal yang diperoleh adalah merupakan besaran teoretis, dan untuk menyesuaikan dengan kenyataan sebenarnya haruslah dikalikan dengan faktor kecepatan, yang tercantum dalam tabel berikut.

Tabel 7. Faktor Kecepatan.

Panjang dari jalan kerja, m.	Jalan menanjak	Jalan menurun
0 – 100	0,25 ÷ 0,50	0,50 ÷ 0,70
100 – 250	0,35 ÷ 0,60	0,60 ÷ 0,75
250 – 500	0,50 ÷ 0,65	0,70 ÷ 0,80
500 – 750	0,60 ÷ 0,70	0,75 ÷ 0,80
750 – 1000	0,65 ÷ 0,75	0,80 ÷ 0,85
1000 –	0,70 ÷ 0,85	0,80 ÷ 0,90

Bagaimana memilih faktor kecepatan ?.

Jika sebuah truck mulai start pada jalanan menurun, maka ganti-gigi cepat dapat terlaksana, faktor kecepatan akan mempunyai harga agak tinggi.
Sebaliknya kalau sebuah truck mulai start pada tanjakan, maka ganti gigi agak makan waktu pada kecepatan yang dikehendaki, maka harus dipilih faktor yang lebih rendah.
Jadi untuk harga rata-rata dapat ditentukan sebagai berikut :

(Kecepatan maksimum kendaraan yang ditentukan dari grafik-tampilan) x (Faktor Kecepatan).
Kecepatan rata-rata tersebut berlaku untuk kondisi jalan yang normal. Jika ada faktor-faktor lain yang bisa berpengaruh pada kecepatan, maka faktor kecepatan harus dipertimbangkan benar-benar.
Faktor-faktor tersebut misalnya saja :

- Kendaraan-kendaraan bersimpangan pada jalan yang sempit.
- Belokan tajam-tajam atau banyak belokan pada jalan tersebut.
- Pandangan ke depan kurang baik.
- Banyak jembatan-jembatan sempit, persilangan jalan Kereta Api, Persimpangan Jalan.
- Perbedaan besar dalam tahanan gelinding.
- Operator yang kurang berpengalaman.

Faktor-faktor tersebut sebaiknya dihindari sedapat mungkin.

(c). Jika jarak angkut pada tiap bagian-jalan-kerja terbagi-bagi dalam kecepatan rata-rata seperti tersebut dalam paragrap terdahulu, maka waktu angkut pada tiap bagian dapat ditentukan.
Waktu-waktu tersebut (angkut maupun kembali) dijumlahkan.
Waktu angkut dan kembali =

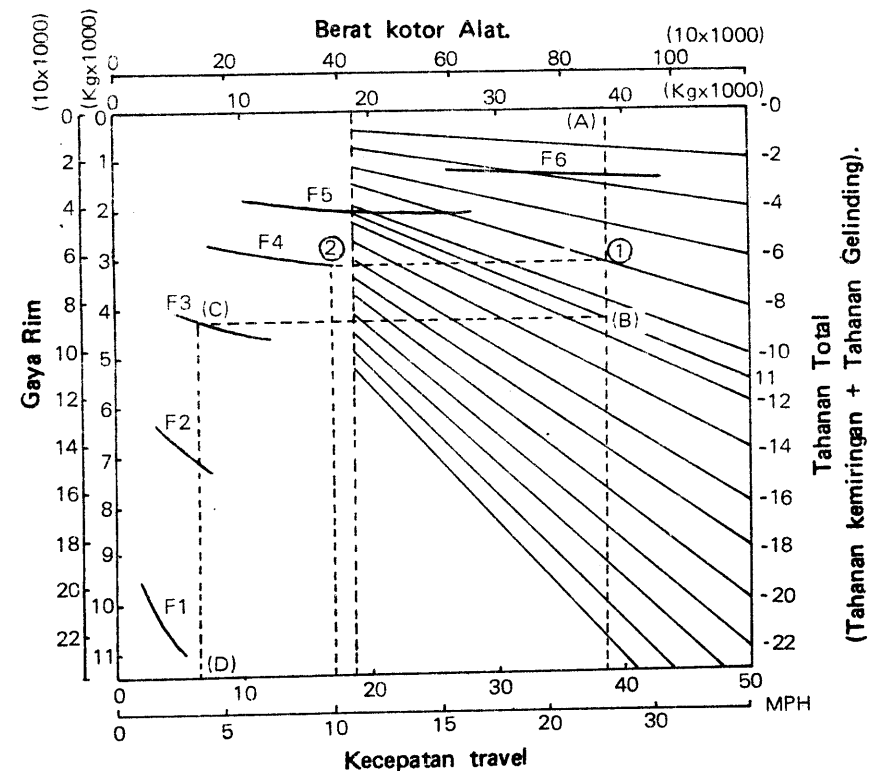
$$\frac{\textbf{Panjang bagian jalan (m).}}{\textbf{Kecepatan rata-rata (m/menit).}}$$

(d). Batas kecepatan kendaraan pada jalan turunan.
Perhitungan kecepatan kendaraan seperti tersebut dalam Paragrap (a) sampai (c) adalah untuk tahanan total dalam % dengan harga "positif". Jika tahanan total mempunyai harga "negatif" maka kecepatan kendaraan akan dibatasi oleh fungsi-peralatan (retarder function). Kecepatan maksimum dimana dump truck dapat berjalan dengan aman pada waktu berjalan pada jalan menurun dapat diperoleh dari grafik tampilan untuk rem (Gb. 3–2).
Bagaimana cara menggunakannya ?.

- Pertama, tarik garis vertikal sesuai dengan berat kendaraan (A) dan tandai dengan titik B yang sesuai dengan tahanan total.

- **Kedua, tarik garis horisontal dari B dan tandai titik C di mana garis tersebut menyilang garis grafik F3.**
- **Ketiga, tarik garis vertikal dari C dan baca D untuk kecepatan optimalnya.**

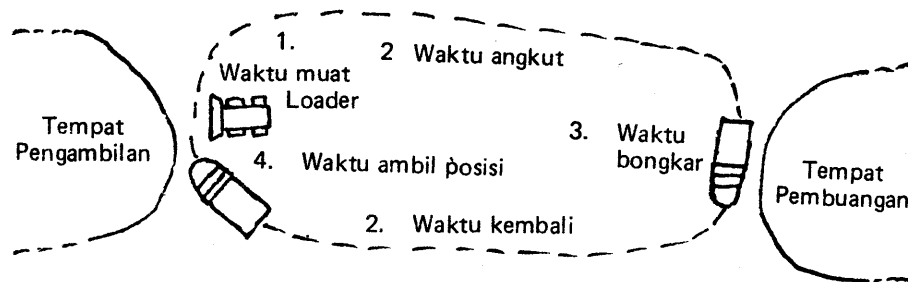
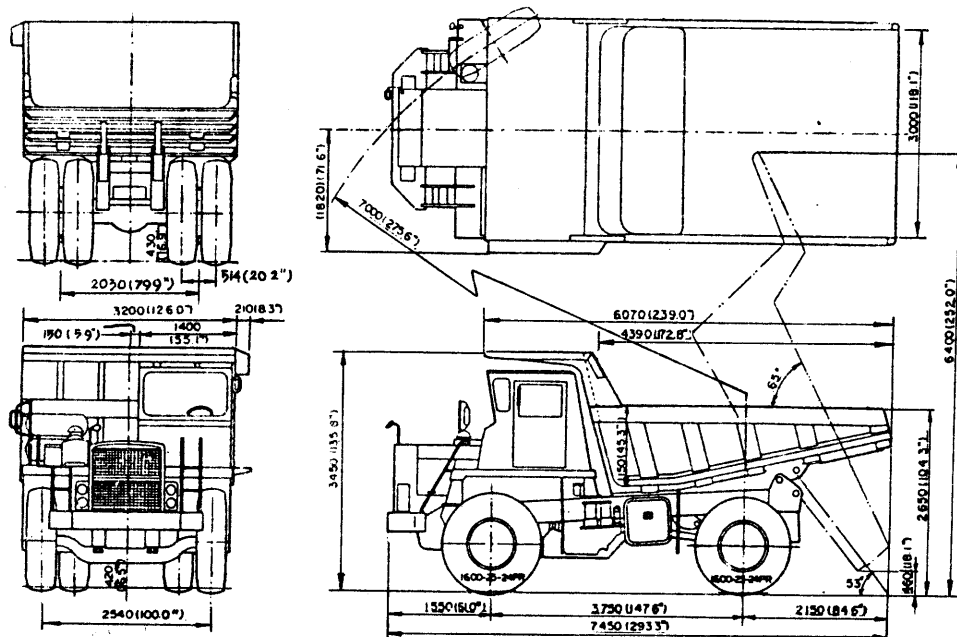
Misalnya : Sebuah kendaraan menuruni jalan dengan tahanan total 11% (jumlah dari tahanan kemiringan 13% dan 2% tahanan gelinding), berat kendaraan 20 T, dengan aman kendaraan tersebut dapat berjalan dengan kecepatan 6,6 km/jam pada gigi – 3.

Gambar 2. Grafik tampilan perlambatan.

(3). Waktu bongkar muatan.
Waktu termaksud adalah periode waktu selama dumptruck memasuki daerah bongkaran sampai kepada waktu saat dump truck mulai start berjalan balik sesudah selesai membongkar muatan.
Lamanya waktu membongkar muatan tergantung dari kondisi kerja operasi dari dump truck yang bersangkutan.

4. PERHITUNGAN PRODUKSI DUMP TRUCK/TRUCK JUNGKIT

Dalam mengoperasikan sejumlah dump truck yang sesuai dengan kapasitas loader, maka urutan perhitungannya adalah sebagai berikut :

Menghitung siklus dump truck dengan menghitung waktu-waktu yang diperlukan yaitu :

1. Waktu muat, yang diperlukan loader untuk memuat dump truck.
2. Waktu angkut material dan kembali dalam keadaan kosong.
3. Waktu bongkar muatan di daerah bongkaran.
4. Waktu yang dibutuhkan dump truck untuk mengambil posisi dimuati dan untuk loader memuati dump truck.

TRUCK JUNGKIT / DUMP TRUCK.

Tetapi waktu rata-rata untuk kondisi-kondisi baik, sedang, kurang dapat dilihat pada tabel berikut :

Kondisi operasi kerja	t_1 (Menit)
– Baik	0,5 ÷ 0,7
– Sedang	1,0 ÷ 1,3
– Kurang	1,5 ÷ 2,0

(4). Waktu yang dibutuhkan dump truck untuk mengambil posisi dimuati dan untuk loader mulai memuat dump truck.
Waktu termaksud juga tergantung pada kondisi operasi kerja. Tabel berikut dapat dijadikan pedoman untuk perkiraannya.

Kondisi operasi kerja	t_2 (Menit)
– Baik	0,1 ÷0,2
– Sedang	0,25÷0,35
– Kurang	0,4 ÷0,5

Seperti telah dijelaskan di atas, waktu siklus dump truck dapat diperkirakan dengan menggunakan harga-harga besaran dari faktor-faktor pada Paragrap (1) sampai (4).

2. Perkiraan jumlah dump truck yang dibutuhkan.

Jumlah dump truck yang dibutuhkan untuk kerja-kombinasi dengan loader yang bekerja dengan effisiensi kerja maksimum dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$M = \frac{\text{Waktu siklus dump truck}}{\text{waktu muat}} = \frac{C_{mt}}{n.\ C_{ms}}$$

dimana,

n = jumlah siklus yang diperlukan oleh loader untuk mengisi dump truck.

C_{ms} = Waktu siklus loader (menit).

C_{mt} = Waktu siklus dump truck (menit).

Rumus tersebut digunakan jika dump truck bekerja pada interval yang tetap dalam menempuh siklus-siklusnya.
Jika ada hambatan yang mengganggu jalannya dump truck bekerja pada interval yang tetap pada jalan kerjanya, maka dump truck akan berderet-deret berjajar karena hambatan-hambatan tersebut.

Jika formula di atas diterapkan untuk hal seperti tersebut di atas, maka kemampuan loader akan lebih dari kapasitas muat total dari dump truck. Untuk memberi kelonggaran waktu siklus loader, maka jumlah dump truck yang dibutuhkan harus dikalikan dengan effisiensi kerja dari loader.

4. PERHITUNGAN PRODUKSI DUMP TRUCK.

Produksi per jam total dari beberapa dump truck yang mengerjakan pekerjaan yang sama secara simultan dapat dihitung dengan remus berikut :

$$P = \frac{C \times 60 \times Et}{C_{mt}} \times M$$

dimana P = Produksi per jam (m^3/jam).
C = Produksi per siklus $C = n \times q_1 \times K$.
Et = Effisiensi kerja dump truck (lihat tabel 3–2).
C_{mt} = Waktu siklus dump truck (menit).
M = Jumlah dump truck yang bekerja.

– KOMBINASI KERJA ANTARA DUMP TRUCK DAN LOADER.

Jika dump truck dan loader digunakan bersama dalam suatu kombinasi, maka seyogyanya bahwa kapasitas operasi dump truck sama dengan loader tersebut.
Dari persamaan di bawah ini, jika harga persamaan di sebelah kiri lebih besar, maka group dump truck tentunya mempunyai kapasitas berlebih. Sebaliknya, jika harga persamaan di sebelah kanan lebih besar, maka group loader lebih besar kapasitasnya.

$$\frac{C \times 60 \times Et}{C_{mt}} \times M \qquad \frac{60 \times q_1 \times K \times Es}{C_{ms}}$$

Persamaan sebelah kiri telah dijelaskan di atas.
Sedang sebelah kanan adalah sebagai berikut :

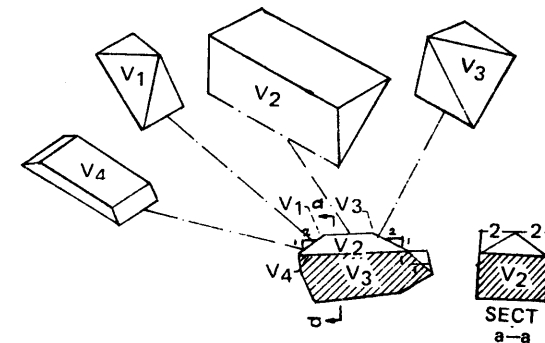
C_{ms} = waktu siklus dari loader (menit).
Es = effisiensi kerja loader.
q_1 = kapasitas bucket (munjung, m^3).
K = faktor bucket.

– JUMLAH DUMP TRUCK YANG DIPERLUKAN UNTUK STANDBY.

Sebagai tambahan pada jumlah dump truck dan loader yang sesuai dengan perhitungan perlu untuk pelaksanaan pekerjaan, masih diperlukan pula beberapa alat untuk menggantikan bilamana ada alat yang rusak agar pekerjaan tetap berjalan lancar.

Tabel berikut dapat membantu untuk menentukan berapa dump truck cadangan (standby) yang dibutuhkan, tergantung dari besarnya project masing-masing.

	Jumlah kendaraan/ alat yang bekerja	Jumlah kendaraan/ alat/cadangan standby
Dump truck	1 – 9	1
	10 – 19	2 – 3
Loader	1 – 3	1
	4 – 9	2

– KAPASITAS DUMPTRUCK SAE.

Kapasitas munjung $V_H = V_s + (V_1 + V_2 + V_3 + V_4)$
Kapasitas peres V_S

- Kapasitas peres dibatasi oleh tepi terbuka dari bak bagian belakang (c) dan bidang miring 1 : 1 dari tepi termaksud dan disebelah atas adalah tepi mulut bak bagian atas.
- Kapasitas munjung adalah jumlah dari kapasitas peres dan volume-volume VA, V_1, V_2 dan V_3 seperti tertera pada gambar.
- Kedua kapasitas tersebut di atas adalah merupakan jumlah tanah yang dapat diukur untuk membandingkan dumper.

– CONTOH PERHITUNGAN.

Soal : Sebuah dumptruck (Komatsu HD 200) bekerja dalam satu kombinasi dengan wheel loader (Komatsu W 170) untuk mengangkut tanah ke tempat pembuangan sejauh 500 meter. Berapakah kapasitas angkut HD 200 ?.

Kondisi kerja dumptruck :

- Jarak angkut : – jalan datar 450 m (belokan kecil–2)
  - tanjakan 50 m (lurus)
  - kemiringan tanjakan 10%.
- Kondisi jalan kerja : jalan yang permukaannya ambles, tidak pernah disiram, sama sekali tak terpelihara.
- Type tanah : tanah liat campur pasir.
- Effisiensi kerja : 0,83 (kondisi operasi baik sekali dan juga pemeliharaan mesin baik sekali).
- Batas kecepatan : dipandang dari sudut keselamatan kerja, maka kecepatan maximum berikut tidak terlampaui.

	Datar		Menanjak		Menurun	
	Dengan beban	Tanpa beban	Dengan beban	Tanpa beban	Dengan beban	Tanpa beban
Kecepatan	30 km/jam	50 km/jam	20 km/jam	40 km/jam	20 km/jam	40 km/jam

Wheel loader = lihat perhitungan terdahulu.

PENJELASAN :

(a). Waktu Siklus (C_{mt}).

(I). Waktu muat.

Siklus loader C_{ms} = 0,51 menit.

Jumlah siklus yang diperlukan loader untuk mengisi dump truck.

$$n = \frac{\text{Kapasitas rata-rata Dump Truck.}}{\text{Kapasitas bucket x Factor bucket.}}$$

$$= \frac{14{,}8 \text{ m}^3 \text{ (kapasitas munjung)}}{3{,}9 \text{ m}^3 \times 0{,}9} = 4{,}2$$

n = diambil = 4.

Waktu muat = n x C_{ms} = 4 x 0,51 = 2,04 menit.

(II). Waktu buang dan waktu kembali.

Jarak buang dan kembali dan waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak-jarak tersebut harus dihitung :

Jarak buang :

1. Datar 330 m
2. Tanjakan 50 m
3. Datar 120 m

Jarak kembali :

4. Datar 120 m
5. Turunan 50 m
6. Datar 330 m

Berat netto dump truck (tidak dengan beban) = 18.500 kg (dari Catalogue yang bersangkutan).

- Berat dump truck bermuatan.

Berat jenis dari tanah liat berpasir sebelum dikerjakan berkisar antara 1,7.

Untuk mendapatkan berat jenis sesudah pengerjaan tanah, maka faktor konversi volume tanah harus diperhitungkan.

$$\frac{1{,}7 \text{ (berat jenis sebelum pengerjaan)}}{1{,}25 \text{ (faktor konversi volume tanah)}} =$$

1,36 (yaitu berat jenis tanah lepas).

Berat pada waktu dimuat = n x kapasitas bucket x faktor x B.J. tanah lepas x 1000

= 4 x 3,9 m^3 x 0,9 x 1,36 x 1,000

= 19,090 kg.

Berat dump truck bermuatan, jadi =

18,500 + 19,090 = 37,590 kg.

Dengan menggunakan Grafik-Tampilan Travel dan Grafik tampilan Rim, kecepatan maksimum untuk tiap bagian jalan kerja dapat dihitung.

Dari gambar 1 dan 2 dapat dihitung kecepatan-kecepatan termaksud untuk Dump Truck HD 200.

		Jarak	Tahanan Kemiringan	Tahanan Gelinding	Tahanan Total	Kecepatan	Kecepatan Travel max.	Faktor Kec.	Kec. rata-rata m/menit	Waktu (menit)
Bermuatan.	Datar	330	0	5%	5%	F_5	29 km/jam (48) m/men.	0,50	241,5	1,37
	Naik	50	10	5%	15%	F_2	8,5 (14)	0,60	84,6	0,59
	Datar	120	0	5%	5%	F_5	29 (48)	0,60	289,8	0,41
Kosong.	Datar	120	0	5%	5%	F_6	48,5 (808)	0,35	282,8	0,42
	Turun	50	–10%	5%	– 5%	F_6	40 (667)	0,70	466,9	0,11
	Datar	330	0	5%	5%	F_6	48,5 (808)	0,70	565,6	0,58

Jumlah = 3,48 menit.

* **Dalam Grafik-Tampilan Rim (Gb. 2), Grafik untuk tahanan total adalah 5%. Ini berarti bahwa jika truck dalam keadaan kosong dan kecepatannya F_6 seperti tertera pada diagram, maka cukup menekan pedal accelerator (percepatan) dan menjaga kecepatan pada batas limitnya.**

(III). Waktu-buang dan waktu tunggu.

t_1 = 1,15 menit (rata-rata)

(IV). Waktu bagi dump truck untuk **mengambil posisi** muat dan untuk **loader mulai memuat.**

t_2 = 0,3 menit (rata-rata).

(V). Waktu siklus.

C_{mt} = 2,04 + 3,48 + 1,15 + 0,3 = 7,0 menit.

(b). Perkiraan jumlah dump truck yang dibutuhkan :

$$M = \frac{\text{waktu siklus dump truck}}{\text{waktu muat}} = \frac{7}{2,04} = 3,4.$$

Hasil tersebut menunjukkan jumlah dump truck yang diperlukan jika wheel loader W 170 yang digunakan dan effisiensi kerja dianggap sama dengan satu (e_s = 1,0).
Jika effisiensi kerja wheel loader sama dengan 0,83, maka jumlah dump truck yang diperlukan adalah :

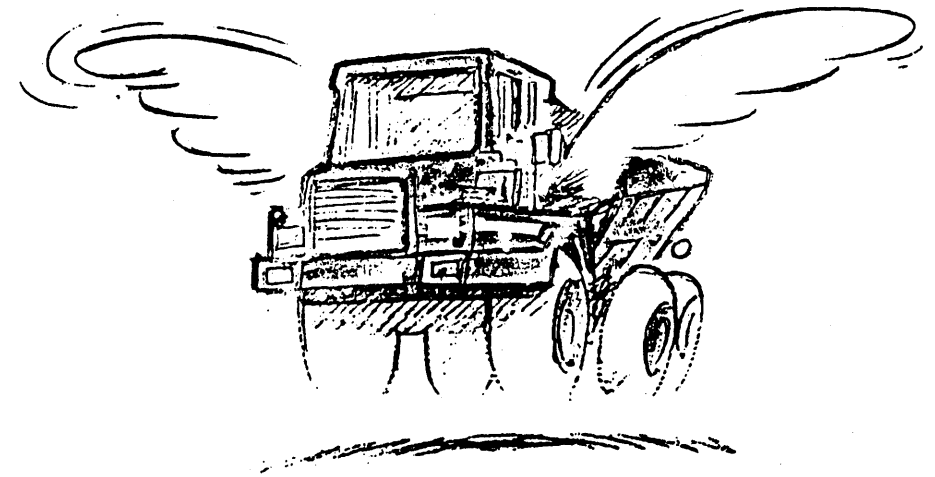
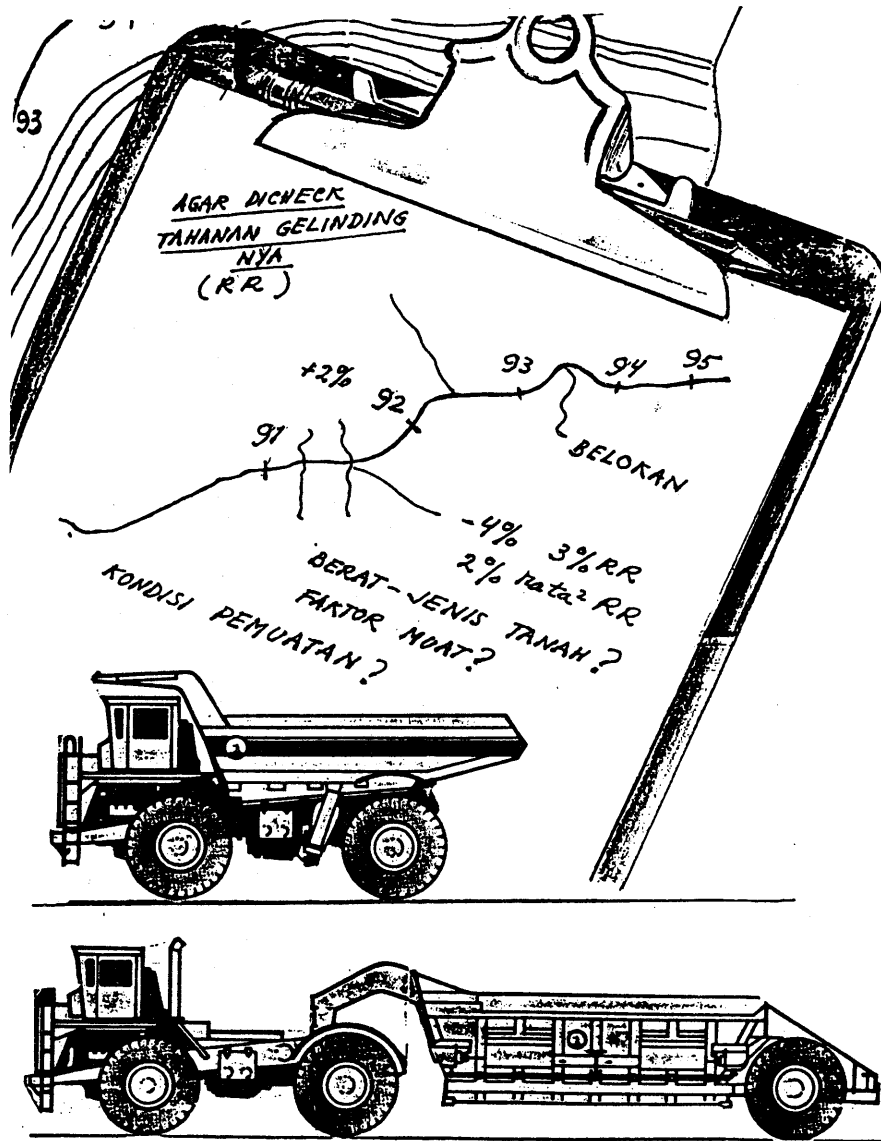
$$M' = M \times 0,83 = 3,4 \times 0,83 = 2,8.$$

Di dalam praktek biasanya ditentukan untuk operasi 3 unit, untuk standby 1 unit, jadi jumlah dump truck yang dibutuhkan 4 unit untuk tiap-tiap loader.

(c). Perkiraan produksi dump truck.

$$P = \frac{C \times 60 \times Et}{C_{mt}} \times M = \frac{14,04 \times 60 \times 0,75}{7,0} \times 4$$

$$= 361\ m^3/\text{jam}.$$

C = n x kapasitas bucket x faktor bucket
= 4 x 3,9 x 0,9.
= 14,04 m^3.

Gambar dari : NORDSTROMS.

5. PERHITUNGAN PRODUKSI MOTOR SCRAPER/MOTOR SEKRAP.

Produksi motor scraper dapat dihitung dengan rumus berikut :

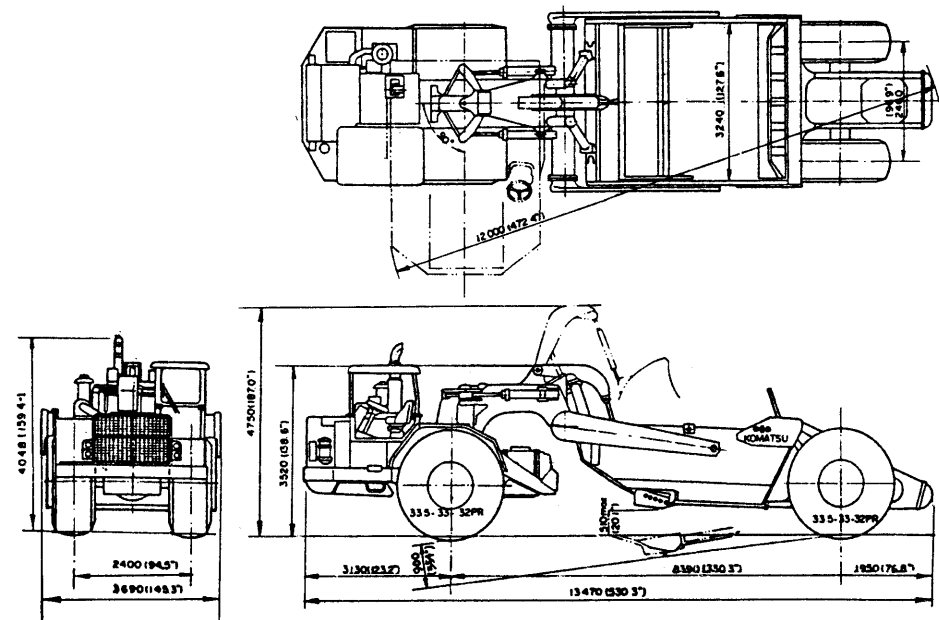
$$Q = \frac{q \times 60 \times E}{Cm}$$

Dimana :
- Q = produksi per jam (m^3 / jam)
- q = produksi per siklus (m^3)
- Cm = waktu siklus (menit)
- E = effisiensi kerja

1. Kapasitas bowl (bowel/sudu) (q)

$$q = q_1 \times K$$

Kapasitas sudu motor sekrap adalah merupakan volume kapasitas sudu munjung yang dinyatakan dalam spesifikasi alat yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat atau dari hasil test yang kita laksanakan dikalikan dengan faktor pemuatan yaitu faktor yang memperhitungkan pemuatan karena tipe tanah yang diangkut.

MOTOR SEKRAP/MOTOR SCRAPER

Dimana : q_1 = kapasitas munjung yang tercantum dalam spesifikasi alat.

K = faktor pemuatan (pay load factor).

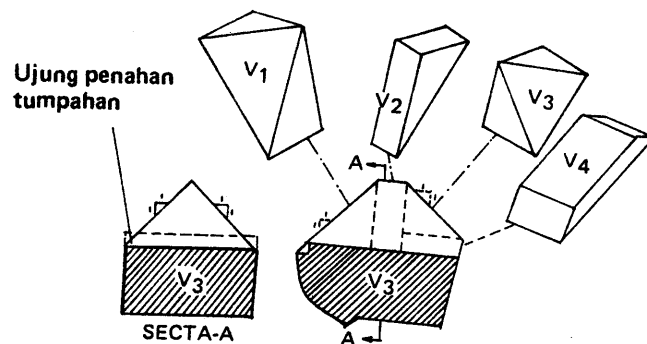
Jumlah tanah yang dapat dimuat ke dalam bowel dari motor scraper tergantung type tanah yang dikeruk.

Tabel berikut dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya faktor pemuatan.

Type tanah	Tanah berpasir	Tanah liat berpasir	Tanah liat	Tanah yang sangat liat/pasir campur bongkah-bongkah
Factor pemuatan	0,90	0,80	0,70	0,65

2. Kapasitas bowel / sudu SAE.

Kapasitas bowel/sudu dari motor scraper dapat dihitung sebagai berikut :

Kapasitas munjung $V_H = V_S + (V_1 + V_2 + V_3 + V_4)$

Kapasitas peres V_S

Kapasitas munjung adalah merupakan jumlah dari kapasitas peres ditambah dengan volume-volume dari bentuk-bentuk steremetris V_1, V_2, V_3 dan V_4.

Kapasitas peres dari scraper adalah volume sesungguhnya dari bowel/sudu dan apron (pelat depan), yang dibatasi oleh garis lurus yang melalui ujung tepi pelat-pelat samping.

Jika ujung pelat-depan, pada posisi tertutup, lebih rendah dari ujung pelat-pelat samping, maka kapasitas akan dibatasi oleh bidang yang melewati ujung apron (pelat depan) dan pojok-pojok dari pelat samping, atau oleh bidang dengan kemiringan 1 : 1 yang melewati ujung pelat depan dan bidang yang dibentuk dari ujung pelat samping, yang besarnya akan lebih kecil.

3. Waktu siklus (Cm)

Waktu siklus dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

Cm = Waktu muat + waktu angkut + waktu belok dan tebar + waktu kembali + waktu tunggu.

(1). Waktu muat.

Waktu muat biasanya tergantung dari hal-hal berikut :

a. Type dan kapasitas scraper.
b. Type pendorong.
c. Type tanah yang diangkut.
d. Kondisi borrow pit (tempat pengambilan)
e. Ketrampilan operator.

Pemuatan sangat tergantung pada kondisi pemuatannya, untuk estimasi dapat diambil besaran-besaran berikut :

Kondisi pemuatan	Waktu pemuatan (menit)
— Baik	0,5
— Sedang	0,6
— Kurang	1,0

(2). Waktu muat dan waktu kembali.

Waktu muat dan waktu kembali dapat dihitung dengan menggunakan Grafik Tampilan Travel dari spesifikasi motor scraper yang bersangkutan.

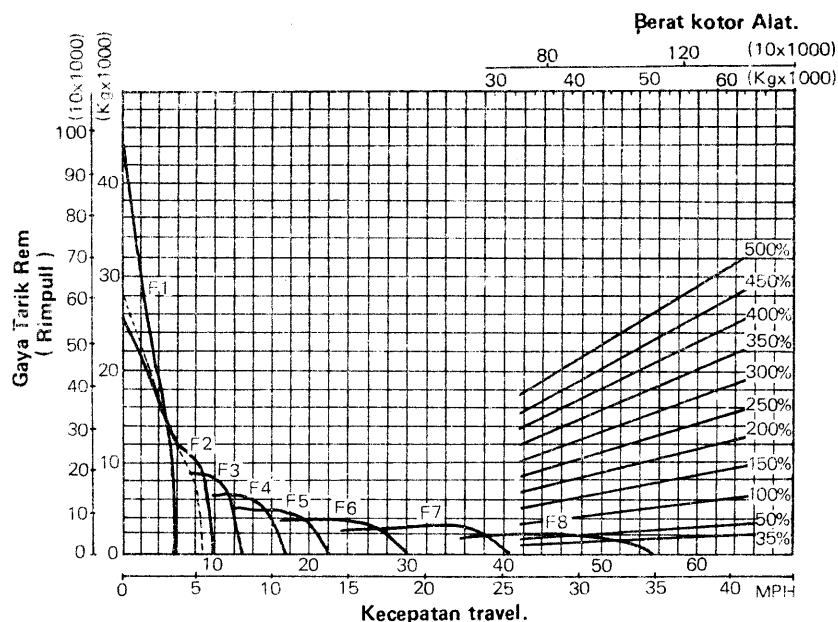
Pertama-tama bagilah jalan kerja menjadi bagian-bagian yang sesuai dengan tahanan kemiringan dan tahanan gelindingnya dan kemudian hitunglah tahanan total tiap-tiap bagian jalan kerja tersebut.

(a). Tahanan kemiringan dan tahanan gelinding.

Tahanan total dalam grafik tampilan travel dari motor scraper adalah jumlah tahanan gelinding dan tahanan kemiringan. (lihat Tabel 5 dan Tabel 6 dari paragrap 3—4).

(b). Seleksi kecepatan travel.

Tentukan kecepatan travel dari alat pada tiap-tiap bagian kerja dengan menggunakan Grafik Tampilan Travel.

Kecepatan dihitung dengan cara yang sama seperti dump truck. Harga yang didapat adalah kecepatan maksimum teoritis, dan dapat dihitung kecepatan sesungguhnya tergantung dari kondisi operasi alat yang bersangkutan.

– Faktor Kecepatan.

Kecepatan maksimum yang dihitung dengan cara tersebut harus dijadikan kecepatan rata-rata yang menggunakan faktor konversi yang disebut faktor kecepatan.
Faktor kecepatan berbeda-beda tergantung pada apakah kendaraan mulai start pada bagian itu atau sedang berjalan.

Jarak bagian jalan kerja	Jika kendaraan mulai start	Kendaraan memasuki jalan kerja, sedang berjalan.
0 – 150	0,30 – 0,45	0,55 – 0,60
150 – 300	0,45 – 0,60	0,60 – 0,70
300 – 500	0,50 – 0,65	0,65 – 0,75
500 – 700	0,60 – 0,70	0,75 – 0,85
700 – 1000	0,65 – 0,75	0,80 – 0,90
1000 –	0,70 – 0,85	0,85 – 0,95

Jika kendaraan memasuki bagian jalan kerja sedang berjalan, maka harus diambil faktor yang lebih besar untuk jalan turunan atau faktor yang lebih kecil untuk jalan naik.

– Kecepatan travel rata-rata.

Kecepatan travel rata-rata dapat dihitung dengan rumus berikut. Kecepatan travel rata-rata = kecepatan travel maksimum x faktor kecepatan.

– Waktu total muatan dan kembali.

Waktu muat dan kembali pada tiap bagian =

$$\frac{\text{Panjang bagian jalan kerja (m)}}{\text{Kecepatan rata-rata (m/menit).}}$$

(3). Waktu buang dan kembali.

Waktu buang dan kembali adalah waktu sejak alat masuk daerah pembuangan dari arah jalan kerja sampai pada waktu alat memasuki jalan-baik sesudah membuang dan menebar muatan dan berputaran untuk kembali. Waktu-waktu tersebut dapat diperkirakan seperti daftar berikut :

Kondisi membuang dan menebar	Waktu buang dan berputar (menit)
– Baik	0,4
– Sedang	0,6
– Kurang	1,1

(4). Waktu spot dan waktu tunggu.

Waktu spot dan tunggu adalah total waktu yang digunakan untuk berputar di tempat pengambilan (borrow pit), untuk ganti persnelling, dan untuk menunggu pusher, waktu idle untuk memilih borrow pit dan sebagainya.
Waktu-waktu tersebut dapat diperkirakan dari daftar berikut :

Kondisi	Waktu spot dan waktu tunggu
– Baik	0,3 menit
– Sedang	0,5 menit
– Kurang	0,8 menit

4. Effisiensi Kerja (E).

(lihat Tabel 2).

6. PERHITUNGAN PRODUKSI MOTOR GRADER / MOTOR PERATA.

Motor grader dapat digunaan untuk bermacam-macam keperluan, misalnya untuk pemeliharaan jalan, perapihan akhir untuk pekerjaan-tanah, pembuatan trens dan pemotongan tebing.
Jadi ada beberapa metode/cara untuk menghitung kapasitas operasinya :

1. Perhitungan luas operasi per jam (m²/jam).

$$Q_A = V \times (Le - Lo) \times 1000 \times E.$$

Dimana : Q_A = luas operasi per jam (m^2/jam).
V = kecepatan kerja (km/jam).
Le = panjang blade efektif (m).
Lo = lebar tumpang-tindih (overlap) (m).
E = effisiensi kerja.

Catatan : Grader biasanya kerja pada jalur-jalur panjang, jadi waktu yang diperlukan untuk pindah persnelling atau balik dapat diabaikan.

(1). Kecepatan kerja (V) untuk :

– Perbaikan jalan biasanya	2 ÷ 6	km/jam
– Pembuatan trens	1,6 ÷ 4	km/jam
– Perapihan tebing	1,6 ÷ 2,6	km/jam
– Penggusuran salju	7 ÷ 25	km/jam
– Perataan medan	1,6 ÷ 4	km/jam
– Lenelling	2 ÷ 8	km/jam

(2). Panjang blade efektif (Le), lebar tumpang tindih (Lo). Karena blade biasanya miring pada waktu untuk memotong maupun untuk meratakan maka panjang efektif akan sangat tergantung pada sudut kemiringannya.
Lebar tumpang-tindih biasanya = 0,3 m.

Tabel Le – Lo, dalam (mm)

Panjang blade		2200	3100	3710	4010
Le – Lo (Panjang blade efektif) (Lebar tumpang tindih).	Sudut blade 60°	1600	23900	2910	3170
	Sudut blade 45°	1260	1890	2320	2540

2. Perhitungan waktu untuk perapihan medan.

$$T = \frac{N \times D}{V \times E}$$

T = waktu kerja (jam).
N = jumlah trip.
D = jarak kerja (km).
V = kecepatan kerja (km/jam).
E = effisiensi kerja.

Jumlah trip (N).

Jika grader bekerja pada suatu site, dengan jalur-jalur levelling yang sejajar, maka strip dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$N = \frac{W}{Le - Lo} \times n$$

Dimana : W = Lebar total untuk pekerjaan levelling (m).
Le = panjang blade efektif (m).
Lo = lebar tumpang-tindih (m).
n = jumlah rit yang diperlukan untuk mencapai permukaan yang dikehendaki.

3. Contoh :

Hitunglah waktu yang diperlukan untuk perbaikan jalan granel (lebar 9 m, panjang jalan 10 km).
Grader yang digunakan GD 40 HT – 2.

Penjelasan : Jumlah trip (N).

$$N = \frac{9}{3,17} \times 1 = 2,84 \div 3 \text{ (Sudut blade } 60^\circ)$$

Kecepatan kerja (V).
Jika kecepatan 5 km/jam.
Waktu kerja yang diperlukan (T) :

$$T = \frac{3 \times 10}{5 \times 0,83} = 7,2 \text{ (jam)}$$

7. PERHITUNGAN PRODUKSI KOMPAKTOR.

Ada 2 macam cara dalam menyatakan produktivitas kompaktor : dengan volume tanah yang dipadatkan atau dengan luas tanah yang dipadatkan.

1. Produksi dalam volume tanah yang dipadatkan.

Di dalam menghitung produktivitas dalam volume tanah yang dipadatkan, rumus berikut dapat dipakai :

$$Q = \frac{W \times V \times H \times 1000 \times E}{N}$$

Dimana : Q = Produksi per jam (m^3 / jam). (volume tanah yang dipadatkan).
V = kecepatan operasi (km/jam).
W = lebar pemadatan efektif tiap pass (m)
H = tebal pemadatan untuk satu lapis (m)
N = jumlah pemadatan (jumlah pass oleh kompaktor), untuk suatu kepadatan tertentu yang diperoleh dari percobaan lapangan atau percobaan laboratorium.
E = effisiensi kerja dari pas-pas yang dilalui.

(1). Kecepatan operasi (V).

Seperti biasa, pada umumnya dipakai harga-harga berikut, seperti tercantum dalam tabel :

– Mesin gilas (roda besi)	sekitar 2,0 km/jam
– Mesin gilas (roda ban)	sekitar 2,5 km/jam
– Mesin gilas – getar	sekitar 1,5 km/jam
– Kompaktor tanah	4 – 10 km/jam
– Tamper	sekitar 1,0 km/jam

(2). Lebar pemadatan efektif (W).

Tipe peralatan	W
– Tipe gilas makadam	Lebar roda-gerak = 0,2 m
– Mesin gilas tandem	Lebar roda-gerak = 0,2 m
– Kompaktor tanah	(lebar roda gerak x 2) = 0,2 m.

– Mesin gilas roda ban	Jarak antar bagian paling luar dari ban-ban paling luar = 0,3 m.
– Mesin gilas-getar yang besar	Lebar roller = 0,2 m
– Mesin gilas-getar yang kecil	Lebar roller = 0,1 m.
– Bulldozer	(Lebar trackshoe x 2) = 0,3 m.

(3). Tebal pemadatan untuk satu lapis.

Tebal pemadatan dapat diperoleh dari spesifikasi pemadatan atau dari hasil test.

(4). Jumlah pas untuk pemadatan (N).

Jumlah pas juga dapat ditentukan dari spesifikasi hasil pengetesan, tetapi biasanya dapat digunakan harga-harga berikut :

– Mesin gilas roda ban	3 – 5
– Mesin gilas roda besi	4 – 8
– Mesin gilas-getar	4 – 8
– Kompaktor tanah	4 – 10

(5). Effisiensi kerja (E) – Lihat Tabel 2.

Effisiensi kerja dapat ditentukan sesuai keadaan/kondisi seperti tersebut di bawah ini.

a. Jika pekerjaan relatif mudah dengan kondisi tanah yang mudah dipadatkan E = 0,4 ÷ 0,6.

b. Jika pemadatan dilaksanakan untuk lapisan sub-dasar (subbase), atau pemadatan yang sulit, dan kondisi tanah yang kurang baik E = 0,4 ÷ 0,6.

2. Produksi (dalam satuan luas) tanah yang dipadatkan.

$$Q_A = \frac{W \times V \times 1000 \times E}{N}$$

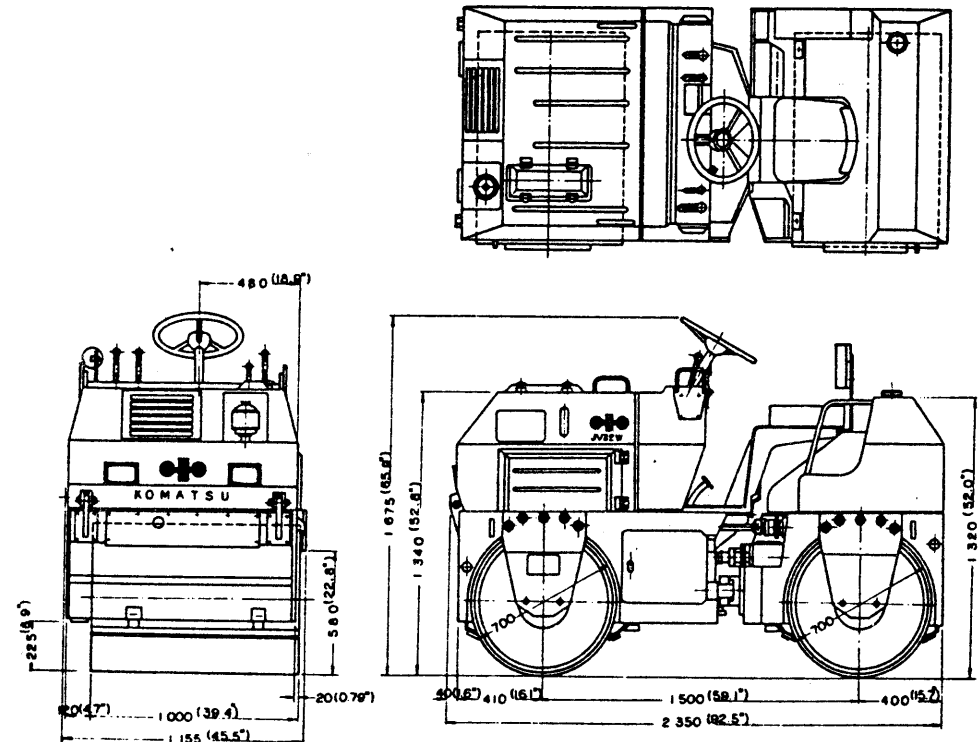
Dimana : Q_A = luas per jam tanah yang dipadatkan m^2 / jam.

3. Contoh perhitungan :

Produksi (dalam satuan luas) per jam dari suatu pekerjaan pemadatan.

Soal :

Mesin = mesin gilas-getar Komatsu JV 32 W.
Lebar pemadatan efektif = W = 0,8 m (1,0 m – 0,2 m)
Kecepatan operasi V = 1,6 km/jam.
(Persnelling I, maju atau mundur).
Jumlah pas pemadatan P = 3 pas.

GILAS GETAR / VIBRATORY ROLLER

JAWAB :

$$Q_A = \frac{W \times V \times 1000 \times E}{P}, \quad \text{dimana } E = 0{,}5.$$

$$Q_A = \frac{0{,}8 \times 1{,}6 \times 1000 \times 0{,}5}{3} = 213 \; m^3 / \text{jam}.$$

6. PERHITUNGAN BIAYA OPERASI DAN BIAYA KEPEMILIKAN ALAT BERAT.

Dari pertimbangan ekonomi, kalau anda membeli alat berat, maka uang yang anda belanjakan untuk alat berat itu harus kembali kepada anda, paling tidak selama umur ekonomis alat.

Umur ekonomis alat adalah jangka waktu dari anda membeli dan menggunakan alat sampai pada waktu perkiraan, dimana alat tersebut sudah tidak ekonomis untuk dioperasikan. Kapan kita bisa menentukan "tidak ekonomis"? Kalau biaya kepemilikan dan biaya operasi alat (termasuk biaya pemeliharaan) ternyata lebih besar dari biaya upah hasil pelaksanaan pekerjaan yang dilaksanakan oleh alat-alat tersebut (yang akan dibayar oleh pihak kedua), maka dapat kita katakan alat itu sudah "tidak ekonomis".
Apakah **biaya kepemilikan** itu ?
Biaya kepemilikan adalah biaya dari pembelian alat yang seharusnya anda terima kembali, yang dihitung per jam, dan diperhitungkan selama umur ekonomis alat. Dengan sendirinya biaya dari pembelian alat tersebut di atas harus diperhitungkan :

- harga ban yang ada
- harga alat bekas (nilai sisa), sesudah umur ekonomisnya habis.
- penyusutan alat.
- bunga modal yang digunakan untuk alat tersebut.
- biaya asuransi, pajak, dll.

Untuk agar lebih mudahnya di dalam menghitung biaya kepemilikan, kami berikan satu contoh perhitungannya seperti tertera dibawah ini :

Contoh perhitungan biaya kepemilikan alat berat :

Nama alat	:	Bulldozer.
Harga alat	:	Rp. 75.000.000,–
Harga ban/pipa	:	Rp.
Harga alat bekas setelah umur ekonomis alat habis (Nilai sisa)	:	Rp. 7.500.000,– (± 10% dari harga alat).
		–
Nilai penyusutan	:	Rp. 67.500.000,–.

BIAYA KEPEMILIKAN :

1. Biaya Penyusutan per jam :

$$= \frac{\text{Nilai Penyusutan (Rp.)}}{\text{Umur ekonomis alat (jam)}} = \frac{\text{Rp. } 67.500.000,-}{10.000 \text{ jam}} = \text{Rp. } 6.750,-/\text{jam.}$$

Umur ekonomis bulldozer termaksud dianggap :
= 10.000 jam (10 tahun @ 1.000 jam/tahun).

2. **Bunga Modal :**

$$= \frac{\text{Lama pinjam (Th.) x Bunga/Th. x Harga Alat}}{\text{Umur Ekonomis Alat (jam)}}$$

$$= \frac{2 \times 18\% \times 75.000.000,-}{2 \times 1000} = \qquad \text{Rp. } 2.750/\text{jam}$$

3. Biaya Asuransi

$$= \frac{\text{Premi Asuransi per satuan waktu}}{\text{Perkiraan penggunaan mesin per satuan waktu}}$$

$$= \frac{1\% \times \text{Rp. } 75.000.000,-}{2.000} = \qquad \text{Rp. } 375/\text{jam}$$

Jadi biaya kepemilikan bulldozer tersebut = Rp. 9.875/jam

Selama 10 tahun seolah-olah anda harus menerima biaya kepemilikan Rp. 9.875,– per jam, kalau anda tidak ingin rugi, bahwa uang yang anda belanjakan untuk alat harus kembali selama waktu itu, termasuk harga alat/biaya penyusutan, bunga modal dan biaya asuransi.

Perhitungan Biaya Operasi Alat

Biaya operasi alat adalah semua biaya yang anda keluarkan untuk pelaksanaan operasi alat. Untuk apa sajakah biaya-biaya operasi alat itu ?

1). Untuk pembelian bahan bakar.

2). Untuk pembelian pelumas : – mesin
– transmisi
– final drive
– sistim hidrolis

3). Untuk pembelian gemuk

4). Untuk pembelian filter : – udara
– pelumas
– oli hidrolik

5). Untuk pembelian pipa/ban (kalau ada).

6). Biaya perbaikan.

7). Untuk pembelian suku cadang khusus : – ripper point, dan lain-lain.

8). Untuk upah operator dan pembantunya.

Kadang-kadang sangt sulit untuk memperoleh data atau menghitung konsumsi bahan bakar dengan pelumas. Hal ini dapat diperoleh dari buku pedoman alat yang bersangkutan, dari perwakilan yang bersangkutan ataupun dihitung dari rumus-rumus yang ada.

Analog dengan biaya kepemilikan, agar lebih jelasnya kami berikan **contoh dibawah ini :**

BIAYA OPERASI

1. Bahan bakar dan pelumas-pelumas :

— Bahan bakar = 21,8 1/jam x Rp. 240/1	= Rp.	5.232/jam
— Pelumas :		
— mesin = 0,1 1/jam x Rp. 1500/1	= Rp.	150
— transmisi = 0,15 1/jam x Rp. 1500/1	= Rp.	225
— final drive = 0,04 1/jam x Rp. 1550/1	= Rp.	60
— hidrolis = 0,11 1/jam x Rp. 1700/1	= Rp.	187
— Grease (gemuk) = 0,02 Kg/jam x Rp. 2000/kg	= Rp.	40
— Filter (saringan-saringan)	= Rp.	331
Biaya bahan bakar dan pelumas	= Rp.	6.225/jam

2. Biaya ban = $\frac{\text{Harga Ban}}{\text{Umur penggunaan ban}}$ = Rp. /jam

3. Biaya perbaikan :

$$= \frac{\text{Faktor perbaikan x Harga alat}}{\text{Umur Ekonomis (jam)}}$$

$$= \frac{1 \text{ x Rp. } 75.000.000,-}{10.000} = \text{Rp. } 7.500/\text{jam}$$

4. Suku cadang khusus, dan sebagainya = Rp. /jam

5. Upah Operator + Pembantu = Rp. 1.500/jam

Jadi jumlah biaya operasi = Rp. 15.225/jam

Dari contoh biaya kepemilikan dan biaya operasi untuk bulldozer seperti tersebut di atas, maka jumlahnya = Rp. 9.875,— + Rp. 15.225,— = Rp. 25.100,-.

Dengan lain perkataan, bahwa pengoperasian bulldozer termaksud dalam waktu 1 (satu) jam, minimal biaya yang diterima kembali oleh pemilik alat adalah Rp. 25.100,— belum termasuk biaya overhead, keuntungan dan lain-lainnya.

7. PERHITUNGAN BIAYA PELAKSANAAN PEKERJAAN DENGAN MENGGUNAKAN ALAT-ALAT BERAT (ENGINEER'S ESTIMATE)

Di dalam menghitung Perkiraan Biaya Pelaksanaan Pekerjaan dengan menggunakan alat-alat berat sangatlah perlu mengetahui biaya utama untuk keperluan tersebut.
Apakah biaya utama tersebut ?
Biaya utama atau Prime Cost adalah biaya di dalam rupiah untuk satu satuan volume, luas, panjang dan sebagainya yang dihasilkan oleh alat yang bersangkutan untuk satu jenis pekerjaan.
Biaya utama biasanya dihitung untuk satu alat, tetapi dapat juga untuk satu "armada alat", untuk satu jenis pekerjaan.
Apakah yang dimaksud armada alat ?
Yang dimaksud armada alat di sini adalah satu group/beberapa alat yang bekerja bersama atau pun secara estafet di dalam melaksanakan suatu pekerjaan.

Misalnya :

1. Di dalam melaksanakan pekerjaan drainasi bekerja satu dragline satu backhoe dan satu bulldozer. Disini dragline, backhoe dan bulldozer merupakan satu armada alat.
2. Dalam satu instalasi pemecah batu bekerja Jaw Crusher, Roller Crusher dan Impact Crusher. Disini ketiga Crusher merupakan satu armada alat pemecah batu yang tergabung dalam satu Plant Pemecah Batu.
3. Alat-alat untuk pembuatan jalan : alat pencampur aspal atau alat pencampur beton, alat-alat pemadatan dsb.

Prime Cost atau Biaya Utama dapat diformulasikan sebagai berikut :

$$\text{Biaya Utama} = \frac{\text{Biaya Kepemilikan + Biaya operasi suatu}}{\text{Hasil Produksi Alat atau}}$$

$$\frac{\text{alat atau suatu armada alat}}{\text{Armada Alat}}$$

Untuk jenis-jenis pekerjaan, terutama pekerjaan tanah yang dilaksanakan dengan satu alat, maka biaya utama akan sama dengan harga satuan produksi alat. Jadi untuk jenis pekerjaan dengan alat tunggal :

$$\text{Biaya Utama} = \text{Harga satuan produksi alat} = \frac{\text{Biaya K \& O Alat}}{\text{Produksi Alat}}$$

Agar lebih jelasnya, kita tinjau urutan pemikiran dan pelaksanaan perhitungan untuk memperoleh biaya pelaksanaan pekerjaan dengan alat-alat berat yang dapat kita kemukakan sebagai berikut :
Kegiatan I (Lihat bagan skema halaman 6).

1. **Survey**/Pemeriksaan Keadaan Lapangan (telah dijelaskan secara terperinci pada Bab 2).

2. **Rencana Teknis** mencakup kegiatan-kegiatan Pengumpulan Data dan Pengolahan Data mengenai :

   – Bagan waktu yang ditetapkan serta batas waktu maksimal. Di dalam menyusun rencana bagan waktu **sangat perlu** diperhatikan kemampuan atau kemungkinan pelaksanaan pekerjaan. Misalnya saja, yang dimaksud dengan kemampuan pelaksanaan adalah hal-hal atau segala sesuatu yang sebenarnya dapat dilaksanakan atau mungkin dilaksanakan tetapi kita tidak mampu (dipandang dari segi biaya, bahan, peralatan maupun keahlian).
   Sedangkan yang dimaksud dengan kemungkinan pelaksanaan adalah hal-hal atau segala sesuatu yang meskipun dari segi biaya, bahan, peralatan maupun keahlian kita mampu tetapi tidak mungkin hal itu dilaksanakan, contohnya hal-hal karena kondisi lapangan (banjir, gempa, tanah longsor dan lain-lain), karena peraturan yang tidak mengijinkan, karena terbatasnya sarana atau kemampuan pihak lain (kemampuan jembatan, kemampuan sub kontraktor dan sebagainya).

a. Data dan Pengolahan Data

Di samping mengadakan pemeriksaan lapangan (survey) sebaiknya pula bersama-sama dilaksanakan pengumpulan data yang diperlukan, misalnya :

1). Data mengenai peralatan-peralatan.
2). Data mengenai harga bahan bakar, pelumas dan lain-lain.
3). Data mengenai harga bahan bangunan.
4). Data mengenai tenaga kerja.
5). Data mengenai jalan angkut, termasuk jembatan-jembatan.
6). Data mengenai peraturan-peraturan setempat.
7). Dan sebagainya.

Dengan sendirinya bahwa data-data tersebut adalah data-data yang kita perlukan untuk perhitungan pelaksanaan pekerjaan dan untuk pelaksanaan pekerjaannya sendiri.

a.1. Bagan Waktu dan Batas Waktu Pelaksanaan

Batas waktu pelaksanaan sangat penting untuk membuat bagan waktu pelaksanaan, karena batas waktu pelaksanaan menentukan jenis peralatan dan jumlah peralatan yang akan dipakai untuk pelaksanaan pekerjaan.
Di dalam membuat bagan waktu sangat perlu diperhatikan effisiensi total, yaitu effisiensi pekerjaan karena segala macam pengaruh, karena segala macam faktor yang ada pada rumus-rumus perhitungan, karena faktor kesediaan mesin, karena faktor kesiapan operasi karena faktor bucket, faktor blade dan sebagainya.
Perlu juga diperhatikan, apakah ada waktu-waktu di dalam semua musim dari tanggal/waktu kita memulai pekerjaan serupa batas waktu akhir pekerjaan, dimana kita tidak mungkin melaksanakan pekerjaan itu, misalnya saja : waktu-waktu pada musim hujan, waktu-waktu libur panjang umum (misalnya : hari raya Idul Fitri, Tahun Baru Internasional dan sebagainya).

a.2. Volume Pekerjaan (Bill of Quantities)

Sebetulnya istilah Bill of Quantities adalah berupa daftar semua kegiatan pelaksanaan pekerjaan lengkap dengan volume dan satuan-satuannya, harga satuan jenis pekerjaannya dan sub total serta total harganya. Jadi sudah merupakan Rekapitulasi Engineer's Estimate secara menyeluruh.
Tetapi pada umumnya orang menyebut volume pekerjaan dengan Bill of Quantities, karena biasanya sebelum pelelangan pekerjaan kepada para pengikut pelelangan dibagi daftar volume pekerjaan yang telah tercantum pada blangko Bill of Quantities dengan maksud tinggal mengisi blangko tersebut.
Volume pekerjaan diperoleh dari perhitungan dan gambar rencana dari hasil survey dan pengukuran di lapangan. Di dalam menghitung volume pekerjaan harus pula memperhitungkan semua faktor yang mungkin mempengaruhi.

Contoh :

1). Untuk pekerjaan tanah harus diperhitungkan faktor-faktor konversi antara tanah asli, tanah gembur, tanah padat dan sebagainya, seperti kalau kita menghitung kapasitas dan produksi alat.
    Satuan volume pekerjaan dapat bermacam-macam : m2, m3, m, dan sebagainya.

2). Juga harus diperhitungkan pengaruh-pengaruh yang menyebabkan bertambahnya ataupun berkurangnya volume pekerjaan misalnya :
    1) Pengendapan lumpur pada pekerjaan pengerukan lumpur dari pekerjaan rehabilitasi sistim drainase.
    2) Gugusan tebing karena banjir pada pekerjaan pembuatan tanggul pengamanan sungai.
    3) Dan sebagainya.

a.3. Target Volume Pekerjaan

Yang dimaksud dengan target volume pekerjaan adalah berapa besar pekerjaan tanah/pekerjaan lain yang dapat dilakukan oleh alat-akat berat kita secara keseluruhan atau masing-masing di dalam

jangka waktu satu jam.
Mengapa hasil pekerjaan dari target ini diukur dalam jangka waktu satu jam ?
Target volume pekerjaan adalah diukur dari volume yang ada dari gambar perencanaan dan yang dibatasi oleh jangka waktu pelaksanaan pekerjaan.
Sebenarnya target pelaksanaan pekerjaan ini adalah "angka" yang harus kita jadikan "patokan" bekerja selama suatu satuan jangka waktu, misalnya :

- beberapa m3 per jam, per minggu atau per bulan.
- beberapa km per minggu, per bulan atau per tahun.
- beberapa m2 per jam, per minggu atau per bulan.
- dan sebagainya.

Target pelaksanaan pekerjaan sangat erat hubungannya dengan pemilikan alat dan perhitungan kapasitas dan produksi alat, karena dari target dan kapasitas produksi kita dapat menentukan berapa jumlah alat yang kita butuhkan dalam suatu jangka waktu untuk menyelesaikan suatu pekerjaan.

a.4. Jumlah Peralatan yang Dibutuhkan.

Jumlah peralatan yang dibutuhkan sangat tergantung pada hal-hal berikut :

- volume pekerjaan yang dihitung dari gambar rencana dari hasil survey.
- dari pemilihan peralatan yang akan digunakan dan penentuan cara-cara pelaksanaan pekerjaan.
- dari kondisi/keadaan tanah/medan di mana pekerjaan akan dilaksanakan.
- dari keadaan cuaca pada waktu pelaksanaan pekerjaan.
- dan sebagainya.

Secara kasar kita dapat memperkirakan jumlah peralatan yang dibutuhkan dari rumusan berikut :

Jumlah peralatan yang dibutuhkan =

$$\frac{\text{Target Volume suatu Pekerjaan } \left(\frac{M3}{jam} ; \frac{M2}{jam} ; \frac{M}{jam}\right)}{\text{Kapasitas/Produksi suatu alat } \left(\frac{M3}{jam} ; \frac{M2}{jam} ; \frac{M}{jam}\right)}$$

Di dalam perkiraan jumlah alat, juga harus dipikirkan mengenai hambatan-hambatan ataupun faktor-faktor effisiensi pelaksanaan pekerjaan yang mungkin berpengaruh, sehingga biasanya pada jumlah alat yang diperkirakan ditambahkan "alat cadangan", kalau hal itu dimungkinkan.

a.5. Biaya Pelaksanaan Pekerjaan (Engineer's Estimate)

(lihat point b.6)

b.1. Penentuan Cara Pelaksanaan dari Alternatif-alternatif

Menentukan cara pelaksanaan kadang-kadang sangat sulit, sebab cara pelaksanaan yang satu kadang-kadang mempunyai kelebihan dan kekurangan yang seimbang dengan cara pelaksanaan yang lain. Akan tetapi dari beberapa patokan-patokan yang kita tetapkan dengan dasar orientasi keuntungan, maka cara pelaksanaan harus dipilih dengan dasar-dasar sebagai berikut :

- agar cara pelaksanaan dipilih **semudah** mungkin.
- agar cara pelaksanaan dipilih yang mendatangkan **keuntungan** paling banyak dipandang dari segala segi.
- agar cara pelaksanaan dipilih dengan menyesuaikan peralatan-peralatan yang ada yang dipunyai maupun yang dapat digunakan untuk pelaksanaan pekerjaan termaksud.
- agar cara pelaksanaan dipilih dengan mempertimbangkan keadaan medan dan keadaan cuaca.
- agar cara pelaksanaan dipilih dari alternatif yang paling menguntungkan.
- dan sebagainya.

b.2. Penentuan Tipe dan Jenis Alat-alat Berat dan Peralatan Penunjang.

Tipe dan jenis alat-alat berat dan peralatan penunjang semestinya disesuaikan dengan macam pekerjaan yang akan dikerjakan.
Akan tetapi sering sekali pelaksanaan pekerjaan dapat dilaksanakan atau "terpaksa" dilaksanakan dengan alat-alat yang dipunyai alat alat-alat yang ada pada site pekerjaan yang bersangkutan misalnya : Karena yang ada pada site pekerjaan adalah sebuah bulldozer, maka untuk pekerjaan pemadatan seorang pelaksana menggunakan bulldozer tersebut untuk pekerjaan pemadatan. Dengan pertimbangan bahwa meskipun sebenarnya kurang effisien di dalam penggunaan bulldozer, akan tetapi masih lebih menguntungkan kalau pelaksana tersebut harus mendatangkan compactor atau Sheepfoot Roller dari tempat lain yang lebih jauh tempatnya.

Penentuan tipe dan jenis peralatan juga sangat tergantung dari kemampuan tenaga kerja yang ada. Jika ternyata ada dua alternatif yang ada ternyata pertimbangan penentuan pemilihan peralatan sama kuat dipandang dari harga peralatan, angkutan peralatan, kemudahan pengoperasian peralatan dan lain sebagainya, maka yang terakhir yang menentukan adalah perbandingan harga satuan pekerjaan dari kedua alternatif tersebut.

Jika ternyata inipun sama atau boleh dianggap sama atau boleh dianggap sama, maka yang menentukan hanyalah selera atau kebiasaan memakai peralatan dari para pelaksana.
Di dalam menentukan tipe dan jenis alat-alat berat ini juga harus dipertimbangkan kegunaan alat-alat tersebut untuk dimanfaatkan pada pekerjaan-pekerjaan lainnya selain yang dimaksud. Hal ini sangat perlu, karena dapat mencegah/membatasi jenis dan jumlah alat yang harus didatangkan untuk pekerjaan tersebut.

b.3. Perhitungan Biaya Kepemilikan dan Operasi Alat-Alat Berat.

Seperti telah tersebut pada bab 7 Perhitungan Biaya Pelaksanaan dengan menggunakan alat-alat berat bahwa paling penting adalah mengenai Biaya Utama atau Prime Cost disamping mengetahui "Mark-Up" atau biaya tambahan lainnya.
Pada dasarnya biaya kepemilikan dihitung sesuai formula tersebut dibawah ini :

Biaya Kepemilikan = Biaya Penyusutan + Biaya Bunga Modal + Biaya Asuransi.

Satuannya adalah (Rp./jam).

Yang perlu diperhatikan di dalam menghitung biaya kepemilikan adalah **janganlah** dimasukkan harga ban/pipa-pipa (kalau ada) dan juga harus dikurangkan nilai sisa dalam menghitung biaya penyusutan.

Yang dimaksudkan dengan pipa-pipa disini adalah pipa-pipa buang hisap yang ada pada kapal-kapal keruk karena umur pipa-pipa buang dan hisap itu ternyata jauh lebih kurang dati umur alatnya.
Sedangkan Nilai Sisa adalah jumlah harga alat tersebut kalau dijual setelah habis umur ekonomisnya, atau dengan kata lain yang lebih populer. Harga alat bekas sesudah habis umur ekonomisnya.
Biaya operasi alat adalah semua biaya yang dikeluarkan untuk keperluan operasi alat, terdiri dari :

- Biaya bahan bakar dari pelumas.
- Biaya untuk filter, ban, pipa-pipa suku-suku cadang khusus dll.
- Untuk upah operator dan pembantunya.
- Biaya perbaikan alat.

Untuk perhitungan biaya kepemilikan dan operasi ini terdapat banyak contoh-contoh perhitungannya pada manual-manual dan buku-buku pedoman yang dikeluarkan oleh agen-agen alat-alat berat, juga pada buku-buku pedoman yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum. Di dalam melaksanakan perhitungan biaya kepemilikan dan operasi ini banyak yang bimbang dalam

hal menghitung biaya penyusutan.
Karena sering sekali kita harus menghitung alat-alat yang datanya sudah tidak ada, ataupun datanya ada tetapi data itu tidak sesuai lagi dengan keadaan saat ini, misalnya saja pernah seorang estimator harus menghitung suatu alat yang harga pembeliannya pada lima tahun yang lalu adalah Rp. 40.000.000,– tetapi pada saat ia menghitung Biaya K & O harga alat itu telah melonjak menjadi Rp. 80.000.000,–. Bagaimanakah penyelesaiannya untuk hal yang seperti itu.
Pengertian penyusutan dalam hal ini dipandang dari perhitungan harga pokok atau harga perolehan, atau harga pembelian sangatlah perlu dipahami.
Memang di dalam pengadaan peralatan ada beberapa istilah mengenai harga perolehan alat ini, diantaranya adalah :

1. Harga FOB (Free On Board).
2. Harga CIF (Cost and Freight).
3. Harga pada sole-agent/agen tunggal.
4. Harga pada proyek/tempat pelaksanaan pekerjaan/tempat yang ditentukan.

ad.1. Harga FOB adalah harga barang yang diberi dari negara lain yang merupakan harga barang di pabrik pembuatannya ditambah biaya-biaya pengangkutan setempat, biaya pemuatan, biaya-biaya pembongkaran dan biaya-biaya lainnya yang ditanggung oleh pabrik pembuat, atau oleh perusahaan penjual, hanya sampai di atas kapal pengangkut.

ad.2. Harga CIF adalah harga barang yang dibeli dari negara lain yang merupakan harga barang di pabrik pembuatnya ditambah biaya-biaya pengangkutan, biaya pemuatan, biaya-biaya pembongkaran, biaya **angkutan laut** dan biaya-biaya lainnya yang ditanggung oleh pabrik pembuat atau oleh perusahaan penjual, "sampai pelabuhan tujuan dari pembeli". Tetapi istilah sampai pelabuhan pembeli juga harus dipastikan/ditentukan perinciannya.

1. Sampai pelabuhan, tetapi masih di atas kapal (kurang lazim).
2. Sampai pelabuhan, tetapi sudah diturunkan dari kapal.
3. Sudah diturunkan dan diangkut ke salah satu gudang yang ditentukan oleh pembeli atau oleh penjual sendiri.
4. Sudah di gudang dan bea masuk sudah dibayar.
5. Bea masuk sudah dibayar dan sampai pada gudang pembeli yang ditentukan.

Kalau melihat hal-hal tersebut di atas, tentu saja bahwa harga beli itu tergantung pada syarat-syarat yang disetujui bersama.

ad.3. Harga agen-tunggal adalah harga yang ada atau yang ditetapkan oleh agen tunggal. Pembeli tinggal mengangkut dari Gudang agen tunggal sampai pada gudang pembeli atau tempat yang ditentukan oleh pembeli.

ad.4. Harga pada proyek atau tempat yang telah ditentukan oleh pembeli adalah harga alat yang mencakup semua biaya-biaya sampai di tempat yang ditentukan oleh pembeli. Harga inilah yang paling "sederhana" buat pembeli karena pembeli "tahunya" alat ada di site atau di gudang yang ditentukan.

Dari bahasan tersebut di atas, mungkin seorang estimator akan bingung untuk menghitung penyusutan alat, atau harga perolehan manakah yang harus dipakai dalam rumus itu. Kembali kepada **"profit orientation"**, bahwa pekerjaan harus menghasilkan keuntungan, maka yang paling mudah untuk dijadikan data perhitungan adalah point 4, atau harga di proyek. Kalau data mengenai harga ini kita peroleh misalnya harga FOB atau CIF atau harga agen tunggal, maka semua biaya yang dikeluarkan agar alat sampai di tempat pelaksanaan proyek harus diperhitungkan. Kalau alat-alat berat diperoleh dari penyewaan alat, maka untuk perhitungan harga satuan pekerjaannya akan lain lagi. Tetapi sebaiknya dicheck apakah harga satuan pekerjaan yang diperoleh dari hasil penggunaan alat sewa sama atau hampir sama dengan harga satuan pekerjaan kalau dengan alat sendiri.

b.4. Perhitungan Kapasitas dan Produksi alat-alat Berat (lihat Bab 5).

b.5. Biaya per Satuan Produksi

Setelah kita menghitung biaya-biaya Kepemilikan dan biaya-biaya Operasi untuk tiap-tiap alat maupun untuk suatu armada alat dan juga kita telah menghitung kapasitas atau produksi tiap-tiap alat ataupun produksi suatu armada alat, maka kita bisa menentukan Biaya per Satuan Produksi.

Biaya per Satuan Produksi :

$$= \frac{\text{Biaya Kepemilikan + Biaya Operasi Alat/Armada Alat}}{\text{Produksi Alat/Armada Alat.}}$$

Kadang-kadang Biaya per Satuan Produksi dapat terdiri dari satu kegiatan, tetapi dapat pula terdiri dari beberapa kegiatan.

Misalnya :

1). Yang terdiri dari satu kegiatan :
- Stripping
- Galian
- Timbunan
- Ripping
- Pemadatan
- dan sebagainya.

2). Yang terdiri dari beberapa jenis kegiatan :
- Tanggul – jadi per satuan panjang (terdiri dari Stripping, Timbunan, Galian, Pemadatan dan sebagainya).
- Jalan – jadi per satuan panjang (terdiri dari Stripping, Timbunan, Galian, Pemadatan dan sebagainya).

Biaya Pelaksanaan Pekerjaan (Engineer's Estimate)

Yang terpenting sebelum menghitung Biaya Pelaksanaan Pekerjaan di samping yang telah disebutkan di atas, termasuk juga harga satuan bahan-bahan bangunan pada lokasi pekerjaan atau tempat-tempat di sekitarnya. Bahan-bahan sebaiknya disiapkan cukup sampai pelaksanaan pekerjaan itu selesai, jika hal itu memungkinkan. Tetapi hal itu kadang-kadang tidak mungkin karena hambatan-hambatan keuangan, tempat penimbunan, kekuatan bahan untuk disimpan dan sebagainya. Hal ini perlu untuk menghindari adanya kerugian akibat kenaikan harga bahan bangunan setelah selesainya prosedur pelelangan.

Dasar Perhitungan

Perhitungan biaya pelaksanaan pekerjaan dapat didasarkan pada perhitungan-perhitungan pokok atas hal-hal seperti berikut :

1. Biaya Utama (Prime Cost)
2. Biaya Tambahan (Mark up Cost)
3. Biaya Persiapan (Establishment Cost)
4. Biaya untuk Pajak-pajak.

Seperti dijelaskan di atas secara terperinci bahwa Biaya Utama itu didasarkan pada Biaya Kepemilikan dan Operasi Alat serta Produksi yang dihasilkan oleh alat-alat yang dipergunakan untuk pelaksanaan pekerjaan, satu per satu atau untuk suatu armada alat, atau pun per satu jenis pekerjaan atau untuk beberapa jenis pekerjaan.

Biaya Utama menggambarkan biaya yang dikeluarkan oleh pemakai alat, hanya untuk pelaksanaannya saja. Seperti kita ketahui bahwa sebelum pelaksanaan atau pada waktu pelaksanaan, maupun sesudah pelaksanaan terdapat kegiatan-kegiatan yang sehubungan dengan pekerjaan tersebut, yang memerlukan sejumlah biaya untuk pelaksanaannya.

Kegiatan-kegiatan termasuk di antaranya adalah :

1. **kegiatan survey/pengechekan lapangan**
2. **kegiatan pengujian (tanah, bahan dll.)**

3. kegiatan supervisi (pemeriksaan oleh tenaga-tenaga ahli, tenaga khusus dan sebagainya)
4. Overhead untuk biaya-biaya yang dikeluarkan
5. pembiayaan proyek setempat
6. biaya-biaya import yang belum tercantum di dalam prosedur pemasukan barang
7. pajak-pajak, pungutan, sumbangan-sumbangan dan lain-lain
8. perhitungan eskalasi
9. keuntungan.

Memang biasanya sulit untuk menentukan berapakah biaya-biaya yang dikeluarkan untuk hal-hal tersebut. Lazimnya, untuk memudahkan kita bagi menjadi 3 hal pokok :

1. (point 1 s/d 7) dimisalkan sebesar 15% dari Biaya Utama.
2. Eskalasi dimisalkan 3% dari Biaya Utama.
3. Keuntungan dimisalkan 10% dari Biaya Utama.

Perumpamaan tersebut di atas dengan sendirinya perkiraan kasar menurut pengalaman-pengalaman.
Tetapi semua itu harus diperhitungkan sesuai dengan keadaan setempat.
Jadi biaya utama dengan biaya-biaya tambahannya :
= Biaya Utama x 1,15 x 1,03 x 1,10
= Biaya Utama x 1,30.

Terlihat dari sini bahwa biaya tambahannya adalah 30% dari Biaya Utama.

Biaya Persiapan

Biaya persiapan dimaksudkan biaya-biaya yang meliputi :

1. biaya untuk penyediaan fasilitas kendaraan.
2. biaya untuk penyediaan **perumahan** (beli, sewa atau membangun), di kota atau di base-camp (di tempat pelaksanaan pekerjaan).
3. biaya untuk penyediaan **kantor,** bengkel, laboratorium dan sebagainya.
4. biaya untuk **kelistrikan** (instalasi induk, jaringan pembagi dan sebagainya).
5. biaya untuk **komunikasi** (stasiun radio, telepon, komunikasi intern, dan sebagainya).
6. biaya untuk **mobilisasi karyawan** buruh dan sebagainya.
7. biaya untuk **asuransi** (manusia dan barang-barang hak milik, dan sebagainya).

Biasanya biaya persiapan dianggap 10% dari total seluruh biaya pelaksanaan pekerjaan. Untuk pekerjaan-pekerjaan yang banyak menggunakan Alat Berat, maka dapat dianggap bahwa biaya persiapan = 1,1 x Biaya Utama. Jadi biaya utama, biaya tambahan dan biaya persiapan adalah = 1,3 x 1,1 x Biaya Utama = 1,43 Biaya Utama atau Biaya Tambahan dan Biaya Persiapan = 43% dari Biaya Utama.

Metode pembuatan Biaya Pelaksanaan Pekerjaan yang sejenis.

Pekerjaan sejenis disini yang dimaksud adalah pekerjaan-pekerjaan dengan jenis-jenis kegiatan pekerjaan yang sama. Misalnya : Pekerjaan Drainasi dan Pengamanan sungai untuk beberapa sungai, Pekerjaan Pembuatan Perumahan rakyat, Pekerjaan Pembuatan Penggal-penggal jalan dengan kondisi yang hampir sama, dan sebagainya. Kadang-kadang, karena kondisi kemampuan kontraktor-kontraktor setempat sangat terbatas, maka pekerjaan-pekerjaan yang seharusnya dapat dilelangkan sekaligus, terpaksa dipecah-pecah menjadi beberapa bagian yang disebut paket-paket. Dalam hal ini, untuk memudahkan pembuatan perkiraan biaya agar dibuat form-form atau blanko-blanko yang point-point jenis pekerjaannya dibuat selengkap mungkin, untuk paket yang tidak mempunyai kegiatan pekerjaan yang tercantum dalam.
Daftar Volume maupun Bill of Quantities diberi tanda (—).
Jadi semua paket mempunyai Daftar Volume atau BOQ yang sama.
Lampiran-lampiran yang merupakan data pelengkap untuk perhitungan perlu disertakan antara lain :

1. Upah menggali/mengangkut menimbun dengan Tenaga Manusia.
2. Daftar Harga dan Spesifikasi Alat.
3. Daftar Harga Bahan Bangunan setempat.
4. Daftar Harga Dasar Satuan Beton dan Tulangan.

Hal ini perlu untuk memudahkan pengecekan perhitungan-perhitungan yang telah dilaksanakan.

Perubahan-perubahan keadaan lapangan

Jika setelah ditanda tanganinya kontrak oleh kedua belah pihak, maka semua pasal-pasal di dalam kontrak sangat mengikat pemberi pekerjaan dan pelaksanaan pekerjaan. Maka penting juga untuk mencantumkan di dalam pasal-pasal kontrak mengenai perubahan-perubahan keadaan di lapangan sesudah selesainya prosedur pelelangan.

Contoh :

1). Pengendapan lumpur pada Pekerjaan-pekerjaan Drainasi dan

Pengamanan Sungai.

2). **Longsoran-longsoran tanah dari tebing-tebing bukit pada pekerjaan jalan maupun saluran.**

3). **Telah habisnya persediaan batu dari suatu bukit pada pekerjaan supplai batu untuk Plant Pemecah Batu.**

4). Dan sebagainya.

PENUTUP

Memang untuk menjadi seorang estimator yang baik diperlukan ketelitian, kerajinan, ketekunan dan kemampuan "meramal" dalam segala bidang.
Dengan diterbitkannya buku ini, semoga dapat sedikit membantu para mahasiswa, para karyawan yang memerlukan, para calon estimator yang baik dan siapa saja yang berkeinginan untuk maju, paling tidak dapat membantu atau bersama-sama dengan penulis untuk memikirkan bagaimana sebaiknya menyusun urutan kegiatan pelaksanaan perhitungan biaya pekerjaan dengan menggunakan Alat-alat Berat.
Semoga buku kecil ini dapat bermanfaat untuk pembangunan terutama di dalam membantu **pencapaian produksi pekerjaan** dengan Alat-alat Berat dan peralatan lainnya.

RIWAYAT HIDUP PENYUSUN

Dilahirkan pada tanggal 9 Mei 1941 di Sragen, sebuah kota kecil disebelah Utara Gunung Lawu, ± 30 Km sebelah Timur kota Solo, Jawa Tengah.
Tamat Sekolah Menengah Atas pada tahun 1960 di kota Klaten, yang terletak antara Solo dan Yogyakarta.
Pada tahun 1960 itu juga memperoleh bea siswa ke Uni Sovyet; selama tujuh tahun menuntut ilmu pada MOSKOVSKY ENERGETICHESKY INSTITUT (MEI), (Institut Energi) di Moskow, mengambil jurusan Mesin.
Gelar magistra – ilmu diperoleh pada tahun 1967 seusai tamat belajar pada Institut tersebut diatas.
Gelar asli yang didapatnya adalah magistra nauky.

Kembali ke tanah air pada tahun 1967 itu juga dan diterima sebagai asisten ahli pada Direktorat Ketenagaan Perguruan Tinggi Direktorat Jenderal Perguruan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan di Jakarta.
Tahun 1968 sampai 1970 bekerja sebagai Surveyor Klasifikasi Kapal pada Biro Klasifikasi Indonesia, Jakarta.
Tahun 1968 – 1971 bekerja sebagai dosen tidak tetap pada Universitas Indonesia, memberi mata kuliah Ilmu Kekuatan Bahan.
Tahun 1970 – 1971 bekerja pada Proyek Irigasi I.D.A. (International Development Association) pada bidang perlogistikan di Jakarta.
Tahun 1971 – 1980 menjabat Asisten Logistik pada Proyek Gambarsari – Pesanggrahan di Purwokerto, yaitu pemasangan Pompa Air Besar untuk Irigasi seluas 20.000 Ha.
Tahun 1973 – 1980 merangkap jabatan Asisten Logistik pada Proyek Irigasi Serayu, Purwokerto.
Tahun 1980 – 1983 menjabat Asisten Pembinaan Peralatan pada Proyek Pengembangan Wilayah Sungai Jratunseluna (Jragung – Tuntang – Serang – Lusi – Juana) di Semarang.
Pada tahun 1978 mengikuti Kursus Tehnik Mesin di sebuah pabrik Alat-alat Berat di Jepang.
Tahun 1981 sampai sekarang memberi kuliah-kuliah Ilmu Pengetahuan Alat-alat Berat dan Pekerjaan Tanah Mekanis pada LPPU – UNDIP di Semarang.
Tahun 1983 sampai sekarang menjabat sebagai Kepala Bidang Peralatan dan Perbekalan Kantor Wilayah Departemen Pekerjaan Umum Propinsi Jawa Tengah di Semarang.

Buku-buku yang pernah ditulisnya/diterjemahkannya adalah :

1. **"Tehnik Sistem Energi Angin",**
   Terjemahan : Ir. Rochmanhadi, 1979
   Buku asli, oleh : *James F. Banas, William N. Sullivan Sandia Laboratories Albuquerque, New Mexico.*
2. **"Membangun Kincir Angin model dengan layar-layar",**
   Terjemahan : Ir. Rochmanhadi, 1979
   Buku asli : *"Construction manual for a Cretan Wind mill, N. Van de Ven, Werkgroep Ontwikkelings Technieken (W O T), Holland.*
3. **"Cara Menghitung Ukuran-ukuran Rotor Kincir Angin",**
   Terjemahan bebas : Ir. Rochmanhadi, 1979.
   Bahan dari : *Werkgroep Ontwikkelings Technieken, Holland.*
4. **"Alat-alat Berat dan Penggunaannya",**
   oleh : Ir. Rochmanhadi, 1982.
5. **"Kapasitas dan Produksi Alat-alat Berat",**
   oleh : Ir. Rochmanhadi, 1983.
6. **"Perhitungan Biaya Pelaksanaan Pekerjaan dengan menggunakan Alat-alat Berat",**
   oleh : Ir. Rochmanhadi, 1984.

DAFTAR PUSTAKA

1. "Alat-alat Berat dan Penggunaannya," 1982,, Ir. Rochmanhadi.
2. "Kapasitas dan Produksi Alat-alat Berat", 1983, Ir. Rochmanhadi.
3. "Pengetahuan Dasar mengenai Alat-alat Berat, United Tractor, Jakarta.
4. "Specifications and Application Handbook, Edition 5, Komatsu".
5. Project Report, Flood Control, Drainage and Irrigation, Engineer's Estimate, December, 1979.
6. Suatu Pendekatan Mekanisasi Untuk Proyek Irigasi, Seminar on Applications of Heavy Equipment For Irrigation Projects, P.T. United Tractors.

------ oOo ------